ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 SEPTEMBRE 1957.

PRÉSIDENCE DE M. Léon BINET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu à Falmouth (Massachusetts), le 16 août, de M. **Irving Langmuir**, Correspondant pour les Sections des Académiciens libres et des applications de la science à l'industrie. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera déposée en l'une des prochaines séances.

ÉCOMOMIE RURALE. — *L'épizootie de fièvre aphteuse. Considérations épidémiologiques, économiques et prophylactiques.* Note de M. **Gaston Ramon.**

Dans une Note en date du 14 janvier dernier ([1]) faisant suite à plusieurs autres ([2]), nous avons dressé, devant l'Académie, le bilan à cette date de l'épizootie aphteuse qui sévit en Europe depuis 1951.

Nous avons notamment montré, à l'aide de documents officiels, que les pays européens qui ont mis en œuvre les mesures sanitaires et en tout premier lieu *la pratique régulière, systématique, de l'abattage des animaux malades ou contaminés*, dès l'éclosion des premiers foyers et au fur et à mesure de l'apparition de nouveaux foyers, n'ont été que peu atteints par l'épizootie aphteuse. C'est ainsi, par exemple, qu'il a été enregistré de 1951 à fin 1956 :

840 foyers ([3]) en Grande-Bretagne;

835 foyers en Suède;

577 foyers en Suisse.

Dans ces deux derniers pays, la vaccination anti-aphteuse a été pratiquée dans un certain rayon autour des foyers primitivement éteints par l'abattage.

En Grande-Bretagne, il n'a été fait usage de la vaccination à aucun

moment non plus qu'au Canada où en 1953, il y eut 29 foyers de fièvre aphteuse immédiatement réduits à néant par la seule application du système de l'abattage. Cette mesure radicale et bien exécutée préservait à la fois le Canada et les États-Unis de la désastreuse épizootie aphteuse. Depuis plusieurs dizaines d'années, d'ailleurs, les États-Unis sont indemnes de fièvre aphteuse, grâce à l'emploi du système de l'abattage (stamping-out).

Par un contraste des plus frappants, les pays qui n'ont pas eu recours à l'abattage mais ont employé pour le principal, la méthode de vaccination, ont totalisé de 1951 à la fin de 1956, un nombre considérablement plus élevé de foyers :

213 000 pour l'Allemagne (de l'Ouest);
63 000 pour la Belgique;
82 000 pour l'Italie;
350 000 pour la France.

Depuis la fin de 1956, le nombre total de foyers enregistrés a encore augmenté; il dépasse pour la France, de 1951 à ce jour (août 1957), 400 000 foyers, ce qui représente plusieurs millions d'animaux malades ou contaminés.

Si l'on compare, du point de vue économique, les résultats obtenus lors de l'usage de chacune des deux méthodes principales de lutte contre l'épizootie aphteuse, à savoir d'une part le système de l'abattage, d'autre part la vaccination, on doit se rendre compte des avantages que présente la méthode utilisant en tout premier lieu le système de l'abattage des animaux des foyers aphteux nouvellement éclos, celui-ci étant suivi ou non de la vaccination dans différentes conditions.

Les frais occasionnés par la fièvre aphteuse en Grande-Bretagne, par exemple, de 1951 à 1956 inclus, y compris les indemnités versées aux propriétaires des animaux abattus n'ont guère été supérieurs à 5 milliards de francs.

On peut évaluer, par contre, à plus de 150 milliards les pertes entraînées en France, pendant la même période, par l'épizootie aphteuse; ces pertes correspondent à un certain pourcentage de mortalité (on estime que plus de 200 000 animaux des espèces bovine, ovine et porcine sont morts des suites de la fièvre aphteuse), à l'amaigrissement des animaux, à une diminution de la production du lait, aux avortements, etc. Il faut, en outre, mentionner les dépenses afférentes à l'achat du vaccin et à la pratique des vaccinations.

Parmi les autres conséquences de l'épizootie, c'est l'entrave mise à la circulation animale et aux transactions commerciales dans les pays où sévit en permanence la fièvre aphteuse; c'est en outre, pour ces pays, l'impossibilité d'exporter à l'étranger les animaux : bovins, ovins, porcins

et les produits qui en dérivent. Les marchés extérieurs du bétail (en Amérique Centrale, en Amérique du Sud) où nos animaux reproducteurs faisaient prime jadis, sont fermés à la France depuis plusieurs années et, sans doute, pour une longue période de temps encore, en raison de la persistance, sur son sol, de la fièvre aphteuse.

Comme nous l'avons précisé dans nos publications antérieures, grâce à l'abattage systématiquement effectué dès l'éclosion des foyers initiaux de fièvre aphteuse et opiniâtrement mis en œuvre lors de l'apparition de nouveaux foyers, on supprime le virus, on empêche sa multiplication, on évite la formation des porteurs et vecteurs de virus et la propagation de la fièvre aphteuse, on s'oppose ainsi aux retours offensifs de l'épizootie.

Tout en préconisant et en suscitant des recherches ayant pour but le perfectionnement du vaccin anti-aphteux et l'amélioration de la méthode de vaccination ([4]), nous n'avons cessé de recommander l'application du système de l'abattage ([5]).

Au mois de septembre de l'année passée, nous attirions derechef l'attention sur la recrudescence de la fièvre aphteuse en Europe et sur l'apparition probable d'une nouvelle vague épizootique.

Dans notre Communication à l'Académie, de janvier dernier, nous nous exprimions ainsi : « La nouvelle vague épizootique qui tend actuellement à envahir tout le territoire français va poursuivre ses ravages parmi le cheptel qui constitue l'une des plus grandes richesses de notre pays (on estimait jusqu'ici à plus de 1 000 milliards de francs par an, la production de l'industrie animale française; elle était supérieure à la production de l'industrie automobile, sidérurgique, etc.). La France sera de plus en plus envahie par le contage aphteux, lequel risquera de provoquer dans l'avenir et à répétition de nouveaux retours offensifs de l'épizootie ».

Nos prévisions pessimistes se sont hélas ! réalisées.

Les Pouvoirs publics n'ayant tenu aucun compte des avertissements que nous avions sans cesse lancés non plus que des vœux émis par l'Académie des Sciences et par d'autres Académies intéressées par ce problème vital, la France est maintenant de beaucoup le pays le plus infecté d'Europe par le virus aphteux. Nous rappellerons qu'au mois d'août 1952, à la suite des cris d'alarme que nous avions fait entendre ([6]) l'Académie des Sciences, outre le vœu qu'elle avait émis à notre instigation, avait nommé une Commission ([7]) qui avait été mise immédiatement à la disposition des Pouvoirs publics pour étudier les mesures à prendre contre l'épizootie aphteuse qui déferlait alors, avec toute son intensité, sur la France. Il ne fut jamais fait appel à cette Commission.

En dépit des centaines et des centaines de millions dépensés sans discernement pour des achats de vaccins français ou d'origine étrangère et pour effectuer des vaccinations d'une façon désordonnée qui ne pouvaient

être qu'inopérantes pour endiguer la vague épizootique, il a été signalé en France :

5 080 foyers nouveaux en avril 1957;
10 733 » » mai 1957;
12 746 » » juin 1957;
18 322 » » juillet 1957 (88 départements infectés),

alors qu'au mois de juin de l'année dernière il n'avait été enregistré que 283 foyers.

Aux 150 milliards de pertes déjà subies par la France de 1951 à 1956, en raison de l'épizootie aphteuse, vont s'ajouter des dizaines et des dizaines de milliards de dommages. De plus, les marchés étrangers continueront à être fermés aux exportations de notre bétail et de ses produits.

Par un paradoxe qu'on a peine à imaginer, la France en est réduite actuellement à importer, en grande quantité, des animaux et des viandes de boucherie (20 000 t pendant les cinq premiers mois de 1957), ce qui augmente la sortie des devises dont elle est déjà si pauvre.

Notre industrie animale est ainsi de plus en plus atteinte, du fait de la fièvre aphteuse, alors que l'Économie rurale et l'Économie générale de notre pays auraient grand besoin d'être « revigorées ».

Nous avons la ferme conviction basée uniquement sur des faits indiscutables et non sur des affirmations gratuites que si à l'instar de divers pays et comme nous l'avions conseillé, la France avait procédé à l'application du système de l'abattage en temps opportun, c'est-à-dire au moment où il n'existait sur son territoire qu'un petit nombre de foyers (par exemple à la fin de l'année 1953, il n'était signalé que 18 foyers en novembre, 29 en décembre) on n'assisterait sans doute pas à présent, en France, au retour offensif du fléau aphteux qui cause et va causer encore des ravages incalculables à notre Élevage, à l'heure où l'on parle tant de « relance économique ».

Cette conviction est affirmée en nous par les résultats d'un essai récent d'application du système de l'abattage, essai tenté dans un département français. Au mois de janvier de cette année, alors que la vague épizootique envahissait la France, une dizaine de foyers aphteux étaient signalés dans le département du Finistère. Sur l'initiative très louable du Directeur des Services vétérinaires de ce département (Docteur-vétérinaire Pérus) et grâce à l'appui du Conseil Général qui vota les fonds nécessaires à l'indemnisation des propriétaires des animaux abattus, le système de l'abattage a été institué en même temps que les Règlements de Police sanitaire étaient rigoureusement appliqués. Après sept mois de ce régime, le Finistère n'a eu en tout que 25 foyers de fièvre aphteuse provoqués par des apports de virus venant de l'extérieur. Ces foyers ont été successivement éteints par l'abattage des animaux qu'ils contenaient (au total 366 bovins,

279 porcs, 6 moutons). Dans les départements limitrophes, dans lesquels l'abattage n'a pas été pratiqué, mais seulement une vaccination partielle, il y eut au total, dans le même laps de temps, dans le Morbihan : 504 foyers avec 6 237 animaux malades ou contaminés; dans les Côtes-du-Nord : 544 foyers avec 8 990 animaux malades ou contaminés. Dans le Finistère, le coût net de l'opération, y compris l'indemnisation des propriétaires et tous les frais accessoires s'est élevé jusqu'ici à 22 millions, alors que le Conseil Général avait voté une subvention de 40 millions.

N'y a-t-il pas dans cet essai réalisé dans le département du Finistère une démonstration nouvelle de l'efficacité du système de l'abattage ? Et cela n'indique-t-il pas d'une façon impérative la marche à suivre ?

Il semble précisément qu'à l'heure présente, les Pouvoirs publics de notre pays commencent à se rendre à l'évidence. En effet, un Arrêté du Ministre de l'Agriculture, en date du 30 juillet [8] institue dans le département du Haut-Rhin le système de l'abattage avec, comme complément, la pratique, dans certaines conditions, de la vaccination.

Le Gouvernement français élabore paraît-il actuellement « un plan de production de la viande ». Il serait, à notre avis, inutile d'établir un tel plan si l'on ne prenait pas les mesures capables d'anéantir le fléau aphteux, lequel risque de compromettre, de faire échouer le plan.

Nous exprimons l'espoir que dès que les circonstances le permettront, c'est-à-dire lorsque dans l'ensemble des départements, il n'existera plus qu'un petit nombre de foyers aphteux (comme à la fin de l'année 1953 où il n'y avait plus en France que deux ou trois dizaines de foyers) et sans attendre une nouvelle vague épizootique, le système de l'abattage soit appliqué à bon escient et avec persévérance dans toute la France et obtienne le même succès qu'en Grande-Bretagne, en Suède, en Suisse, aux États-Unis, au Canada, etc. ainsi que dans le département du Finistère.

Nous aurons ainsi la satisfaction de penser que nos efforts sans cesse poursuivis depuis six années, en faveur de la lutte rationnelle contre le fléau aphteux n'auront pas été vains et que notre pays en tirera profit pour la sauvegarde de son cheptel et pour l'amélioration de son Économie rurale et générale.

(1) G. RAMON, *Comptes rendus*, **244**, 1957, p. 275.

(2) G. RAMON, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 777, 1010 et 1106; **235**, 1952, p. 333; **238**, 1954, p. 975; **240**, 1955, p. 1173; **241**, 1955, p. 839; **242**, 1956, p. 1937. *Voir* également G. RAMON, *Bull. Acad. Méd.*, nos **7-8**, 1953, p. 123; nos **11-12**, 1953, p. 206; nos **9-10**, 1955, p. 176; G. RAMON, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, de 1950 à 1956.

(3) On entend par foyer, la ferme, l'exploitation dans laquelle est diagnostiquée la fièvre aphteuse.

(4) G. RAMON, *Revue d'Immunologie*, **17**, 1953, p. 50; *Bull. Off. internat. des Épizooties*, **39**, 1953, p. 199, etc.

(5) *Voir* notre récent Mémoire, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 47, nos 3-4, 1957, p. 156 à 287 (en français et en anglais). *Voir* également le chapitre consacré à la fièvre aphteuse, de notre Ouvrage qui vient de paraître, *Quarante années de Recherches et de Travaux*, Paris, 1957.

(6) G. Ramon, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 333.

(7) La Commission était composée des Membres de la Section d'Économie rurale : MM. Leclainche, Lapicque, Javillier, Demolon, Mayer, Lemoigne auxquels nous avions été adjoint.

(8) *Journal Officiel*, 6 août 1957, p. 7759.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance ;

The Experimental control of Plant Growth, by Frits W. Went, *with contributions* by W. C. Ashby, L. T. Evans, A. W. Galston, H. Hellmers and Wm. M. Hiesey.

Tables trigonométriques contenant les valeurs naturelles des sinus et des cosinus de centigrade en centigrade du quadrant avec dix décimales, par Clovis Faucher.

La Dynamique relativiste et ses applications. Fasc. 1. *Dynamique du point lentement accéléré. Application aux phénomènes d'interaction entre charges électriques* (*électromagnétisme relativiste*), par Henri Arzeliès.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les revêtements analytiques des variétés analytiques*. Note (*) de MM. **Hans Grauert** et **Reinhold Remmert**, présentée par M. Gaston Julia.

Il y a deux définitions différentes d'un espace analytique, dues respectivement à H. Cartan, et à H. Behnke et K. Stein. Dans cette Note nous démontrons que ces définitions sont équivalentes; d'une façon précise : tout revêtement analytique d'une variété analytique est un revêtement de Cartan.

1. X désigne toujours une variété analytique-complexe, connexe.

Définition 1. — *Un triple* $(\hat{X}, \varphi, X)$ *s'appelle un revêtement analytique de* X *si les conditions suivantes sont remplies :*

a. $\hat{X}$ *est un espace localement compact,* $\varphi : \hat{X} \to X$ *est une application continue et propre de* $\hat{X}$ *sur* X*; tout ensemble* $\varphi^{-1}(x_0)$, $x_0 \in X$, *est fini;*

b. Il y a un ensemble analytique $A \subset X$, *de codimension complexe* 1, *tel que l'application* $\varphi : \hat{X} - \varphi^{-1}(A) \to X - A$ *soit localement topologique; tout point* $x_0 \in \varphi^{-1}(A)$ *possède une base de voisinages connexes* V_ι *tels que* $V_\iota - (\varphi^{-1}(A) \cap V_\iota)$ *soit non vide et connexe* (1).

Le nombre b des points de l'ensemble $\varphi^{-1}(x_0)$ est évidemment le même pour tous les $x_0 \in X - A$; b s'appelle le *nombre des feuillets* du revêtement analytique $(\hat{X}, \varphi, X)$.

On définit d'une manière évidente les notions de fonction holomorphe dans $\hat{X}$, d'ensemble analytique dans $\hat{X}$, etc. En désignant par $I(\hat{X})$, resp. $I(X)$, l'anneau des fonctions holomorphes dans $\hat{X}$, resp. X, on démontre tout de suite :

PROPOSITION 1. — *Tout élément* $\hat{f} \in I(\hat{X})$ *est entier algébrique sur* $I(X)$, *de degré* $\leq b$.

DÉFINITION 2. — *Un revêtement analytique* $(\hat{X}, \varphi, X)$ *s'appelle un revêtement de Cartan si tout point* $x_0 \in X$ *possède un voisinage ouvert* U *tel qu'il existe un élément* $\hat{f} \in I(\varphi^{-1}(U))$ *de degré b sur* $I(U)$.

D'après K. Oka et H. Cartan ([2]), on sait :

PROPOSITION 2. — *Si* $(\hat{X}, \varphi, X)$ *est un revêtement de Cartan, alors l'espace* $\hat{X}$, *muni du faisceau* $\mathcal{O}(\hat{X})$ *des germes de fonctions holomorphes, est un espace analytique normal* ([3]).

2. Par un calcul direct on démontre :

PROPOSITION 3. — *Pour tout revêtement analytique* $(\hat{X}, \varphi, X)$ *de* X, *il existe un revêtement de Cartan* $('X, '\varphi, X)$ *et une application holomorphe* σ *de* $\hat{X}$ *sur* $'X$, *telle que* $\varphi = '\varphi \circ \sigma$ *et que le nombre* $'b$ *des feuillets du revêtement* $('X, '\varphi, X)$ *soit maximum.*

PROPOSITION 4. — *Soit* F *un fibré analytique de base* X, *à fibres vectorielles de dimension* 1 ; *soit* $'F$, *resp.* $\hat{F}$, *l'image réciproque de* F *par l'application* $'\varphi$, *resp.* φ. *Alors* σ *définit un isomorphisme de* $H^0('X, '\mathcal{F})$ *sur* $H^0(\hat{X}, \hat{\mathcal{F}})$, *en désignant par* $'\mathcal{F}$ *et* $\hat{\mathcal{F}}$ *les faisceaux des germes de sections holomorphes de* $'F$ *et* $\hat{F}$.

3. Prenons $X = G \times P_1$, où G est une variété analytique connexe et où P_1 est la sphère de Riemann. On a une projection canonique $\tau : \hat{X} \to G$. Supposons d'abord que l'ensemble A soit contenu dans $G \times \{ |z| < 1 \}$ ([4]). Alors il y a un pseudo-polynome unitaire en z, $w(z, p)$ (où $p \in G$), sans facteur multiple, tel que A soit l'ensemble des (z, p) tels que $w(z, p) = 0$. Soit D l'ensemble des zéros du discriminant de $w(z, p)$; D est un sous-ensemble analytique de G, et $D \neq G$. On peut démontrer :

PROPOSITION 5. — *Tous les ensembles* $\tau^{-1}(p_0)$, $p_0 \in G - D$, *sont des surfaces de Riemann compactes; le premier nombre de Betti* $2g$ *de ces surfaces est le même.*

Dans la suite nous désignons par F^k un fibré analytique de base X, à fibres vectorielles de dimension 1, possédant une section holomorphe qui s'annule sur $G \times \{\infty\}$ exactement avec l'ordre k. Soit $\hat{F}^k$ l'image réciproque de F^k par φ; on démontre que la valeur de la première classe de Chern de $\hat{F}^k$ sur toute surface $\tau^{-1}(y_0)$, $y_0 \in G - D$, est toujours bk. Soit $\hat{\mathcal{F}}^k$ le faisceau des germes de sections holomorphes de $\hat{F}^k$, et soit $\tau_0(\hat{\mathcal{F}}^k)$ la $0^{\text{ième}}$ image directe analytique

de $\hat{\mathfrak{F}}^k$ par l'application $\tau:\hat{X}\to G$. En utilisant le théorème 5 d'une Note antérieure ([5]), on démontre :

THÉORÈME 1. — *Pour tout entier* $k \geqq 1$, *il y a un isomorphisme* α_k *de* $\tau_0(\hat{\mathfrak{F}}^k)$ *dans* $\mathcal{O}^q(G)$, $q = 1 - g + bk$. *Si* $(\hat{X}, \varphi, X)$ *est un revêtement de Cartan et si* $k > 2g$, *à tout élément* $f \in H^0(G, \mathcal{O}^q)$ *correspond exactement, par* α_k, *une section méromorphe* m *de* $\hat{F}^k$, *dont l'ensemble polaire est saturé pour* τ.

4. On note n la dimension complexe de G.

THÉORÈME 2. — *Si* $(\hat{X}, \varphi, G \times P_1)$ *est un revêtement analytique de* $G \times P_1$, *alors il y a un ensemble analytique* $B \subset G$, *de dimension complexe* $\leqq n - 2$, *tel que* $(\hat{X} - \tau^{-1}(B), \varphi, (G - B) \times P_1)$ *soit un revêtement de Cartan.*

Pour la démonstration on a besoin du :

LEMME. — *Tout revêtement analytique* $(\hat{X}, \varphi, X)$ *d'une variété analytique* X *de dimension* 2 *est un revêtement de Cartan.*

Supposons maintenant que G soit un ouvert connexe de l'espace numérique C^n. Choisissons q éléments $f_1, \ldots, f_q \in H^0(G, \mathcal{O}^q)$ linéairement indépendants sur I(G), et désignons par $m'_1, \ldots, m'_q$ les sections méromorphes de $\hat{F}^k$, $k > 2g$, au-dessus de $\hat{X} - \tau^{-1}(B)$, qui correspondent à $f_1, \ldots, f_q$ grâce au théorème 1. D'après un théorème classique, les sections $m'_1, \ldots, m'_q$ se prolongent en des sections méromorphes $m_1, \ldots, m_q$ de $\hat{F}^k$ au-dessus de $\hat{X}$ tout entier. Comme leurs ensembles polaires sont saturés pour τ, il y a une fonction holomorphe $g \not\equiv 0$ dans G, telle que $\hat{m}_x = g m_x$ $(x = 1, \ldots, q)$ soit une section holomorphe de $\hat{F}^k$ au-dessus de $\hat{X}$. Puisque $\hat{m}_1, \ldots, \hat{m}_q$ sont linéairement indépendants sur I(G), on a $\dim_{I(G)} H^0(\hat{X}, \hat{\mathfrak{F}}^k) \geqq q$. D'autre part, on a

$$\dim_{I(G)} H^0(\hat{X}, \hat{\mathfrak{F}}^k) = \dim_{I(G)} H^0(G, \tau_0(\hat{\mathfrak{F}}^k)) \leqq \dim_{I(G)} H^0(G, \mathcal{O}^q) = q,$$

d'où finalement $\dim_{I(G)} H^0(\hat{X}, \hat{\mathfrak{F}}^k) = q$ pour tout $k > 2g$.

Soit $('X, '\varphi, X)$ le revêtement de Cartan associé au revêtement $(\hat{X}, \varphi, X)$ comme dans la proposition 3. Alors, d'après la proposition 4, on a, pour tout entier $k > \max(2g, 2.'g)$:

$$1 - g + bk = \dim_{I(G)} H^0(\hat{X}, \hat{\mathfrak{F}}^k) = \dim_{I(G)} H^0('X, '\mathfrak{F}^k) = 1 - g + 'bk.$$

Ceci entraîne $b = 'b$; par conséquent :

Si G *est un ouvert connexe de* C^n, *tout revêtement analytique* $(\hat{X}, \varphi, G \times P_1)$ *de* $G \times P_1$ *est un revêtement de Cartan.*

Étant donné un revêtement analytique $(\hat{X}, \varphi, X)$ d'une variété analytique connexe X, par ailleurs quelconque, on démontre tout de suite :

Pour tout point $x_0 \in X$ *il existe un voisinage* V *de* x_0 *et un revêtement* $('X, '\varphi, G \times P_1)$ *d'un espace produit* $G \times P_1$, *tels que la condition suivante soit remplie :*

il y a un ouvert $'V \subset G \times P_1$ *et des applications biholomorphes* ψ_1 (*resp.* ψ_2) *de* V *sur* $'V$ [*resp. de* $\varphi^{-1}(V)$ *sur* $'\varphi^{-1}('V)$], *telles que* $'\varphi \circ \psi_2 = \psi_1 \circ \varphi$.

De tout ce qui précède résulte le théorème principal :

THÉORÈME 3. — *Tout revêtement analytique d'une variété analytique complexe* (*connexe*) *est un revêtement de Cartan.*

(*) Séance du 26 août 1957.

(1) Pour cette définition, *voir* H. GRAUERT et R. REMMERT, *Math. Ann.*, 129, 1955, p. 274-296.

(2) *Voir* K. OKA, *J. Math. Soc. Japan*, 33, 1951, p. 254-278; et H. CARTAN, *Séminaire Éc. Norm. sup.*, 1953-1954, exp. X, XI.

(3) C'est-à-dire : $\hat{X}$ se réalise localement comme sous-ensemble analytique normal A d'une variété analytique V; si $a \in A$ est la réalisation de $x \in X$, l'anneau $\mathcal{O}_x(\hat{X})$ devient l'anneau (intègre et intégralement clos puisque A est normal) des germes de fonctions induites au point $a \in A$ par les germes holomorphes de la variété ambiante V.

(4) On désigne par z une coordonnée non homogène dans P_1.

(5) H. GRAUERT et R. REMMERT, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 882.

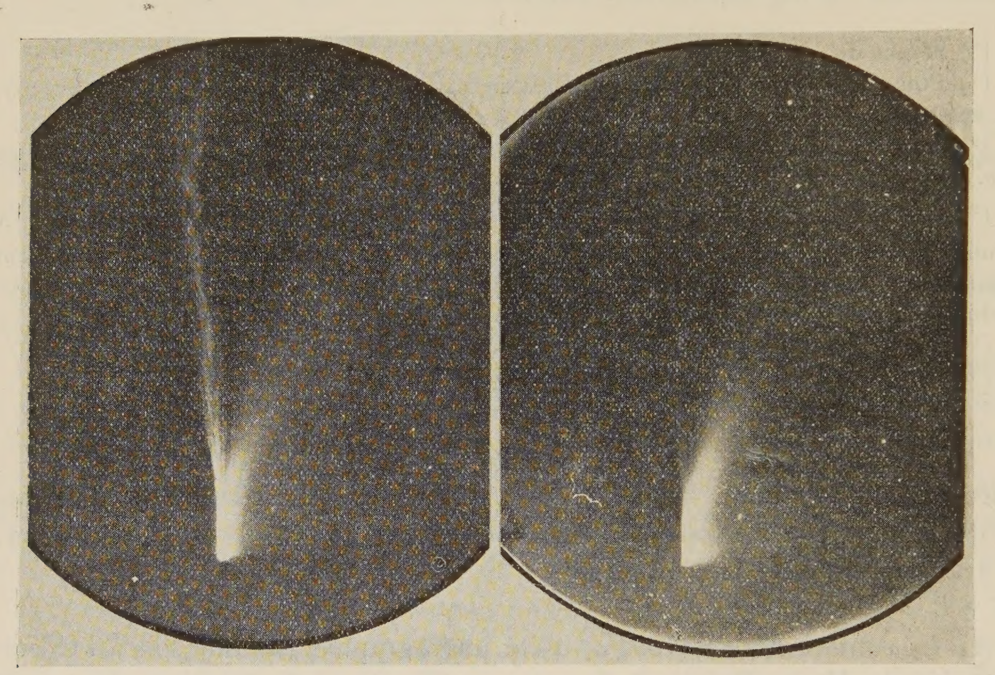
PHYSIQUE COMÉTAIRE. — *Sur la structure de la comète* Mrkos (1957 *d*). Note de MM. **JOSEPH-HENRI BIGAY**, **NGUYEN-HUU DOAN** et **MAURICE DUFAY**, transmise par M. André Danjon.

1. La comète *Mrkos* (1957 *d*) a été photographiée chaque soir à l'Observatoire de Haute-Provence du 14 au 28 août (à l'exception des 15 et 23 août) dans d'excellentes conditions de transparence atmosphérique.

Plus de 50 clichés ont été obtenus par l'un de nous (M. D.) au télescope Schmidt construit par A. Couder (F = 59,4 cm, O = 30 cm) sur films Eastman II *a* O ($\lambda < 5\,100$ Å) et 103 *a* E ($\lambda < 6\,700$ Å). La comète possède deux queues d'aspect tout différent : vers l'Ouest une queue large, diffuse et fortement courbée, dépourvue de structure fine et variant peu d'un jour à l'autre; à l'Est une queue à peu près rectiligne qui dépasse le champ de l'instrument (8°) et dont l'angle de position diffère peu de l'angle correspondant à la direction opposée au soleil. La structure de cette dernière queue varie énormément d'un jour à l'autre. On y distingue des jets rectilignes, parfois longs (5°), issus du noyau quasi-ponctuel, et des filaments ondulés et spiralés qui s'étendent plus loin. Ils présentent un aspect plus ou moins tourmenté, avec des condensations et des décrochements, et s'épanouissent souvent en panaches. Un examen sommaire des clichés pris au cours d'une même soirée (environ 1 h d'observation) ne révèle pas de changement notable, mais à 24 h d'intervalle, la structure de la queue rectiligne devient toujours méconnaissable.

Quelques photographies ont aussi été prises (J. H. B.) avec les mêmes

émulsions au moyen d'un petit télescope Schmidt à très grand champ (28°) et de grande ouverture relative (F = 10 cm, O = 12,5 cm, optique J. H. Bigay). Elles montrent que l'étendue totale de la queue rectiligne dépasse 14°.



Photographies de la comète *Mrkos* (1957 *d*) prises le 25 août 1957 au télescope Schmidt de l'Observatoire de Haute-Provence. A gauche, photographie en bleu (20 h 00 m T. U., pose 5 mn). A droite, photographie en rouge (20 h 10 m T. U., pose 8 mn).

2. Avec ces deux instruments, quand on utilise les films 103 *a* E en supprimant les radiations de longueur d'onde inférieure à 5 400 Å au moyen d'un filtre coloré, la longue queue à structure fine est presque complètement éteinte tandis que la queue courbe est à peine affaiblie. Leur composition spectrale est donc très différente.

Les clichés obtenus avec un prisme objectif (N. H. D.) constitué par un objectif de 26 cm de longueur focale (F/4,5), précédé d'un prisme de 60° en flint dense, permettent d'interpréter ces résultats. Les bandes (6,0), (5,0), (4,0), (5,1), (4,1) et (3,2) de CO^{+} se détachent sur le spectre continu de la queue et s'étendent à plus de 5° du noyau. L'image fournie par le doublet du sodium se présente sous la forme d'un faisceau de rayons divergents issus du noyau, visibles jusqu'à 1°,5 de celui-ci. L'angle de position correspondant à ces émissions est identique à celui de la queue « rectiligne » sur les photographies directes. Au contraire, le spectre continu, toujours bien limité du côté des grandes longueurs d'ondes par la sensi-

bilité spectrale des émulsions (II *a* O, 103 *a* E ou I N) montre la même courbure et le même angle de position que la queue diffuse. On peut donc affirmer que celle-ci ne donne qu'un spectre continu [catégorie II de la classification de S. V. Orlov ([1])]. Sa couleur paraît bien correspondre à la diffusion de la lumière solaire par des particules solides. La longue queue rectiligne émet les bandes de CO^+ (catégorie I de S. V. Orlov) et aussi le doublet du sodium, dont l'extension dans la queue est un fait assez inattendu pour des distances héliocentriques comprises entre 0,54 et 0,78 U. A. Ce qui subsiste de cette queue quand on élimine les radiations de longueurs d'onde inférieures à 5 400 Å doit donc être attribué au sodium et à la bande (3,2) de CO^+ (6 238 Å).

3. Pour isoler l'émission du sodium, on a photographié la comète le 28 août avec un objectif ouvert à F/2 (longueur focale 16 cm), en n'admettant qu'une bande spectrale de 200 Å environ de largeur autour de la raie D (plaque Eastman I T et filtre Wratten 23 *a*). La queue diffuse à spectre continu est encore assez brillante près de la tête, mais la queue rectiligne apparaît uniquement constituée par des filaments minces et droits, s'étendant jusqu'à 5°,5 du noyau. Les filaments ondulés et les condensations, très apparents sur les clichés pris le même soir en lumière bleue, appartiennent donc probablement à la molécule d'oxyde de carbone ionisée.

([1]) N. T. Bobrovnikoff, dans *Astrophysics* de Hynek, 1951, p. 328.

(*Observatoire de Haute-Provence.*)

PHYSIQUE COMÉTAIRE. — *Le spectre des queues de la comète* Mrkos (1957 *d*). Note de M. **Fernand Baldet**, transmise par M. André Danjon.

Le spectre des deux queues de la comète *Mrkos* (1957 *d*), obtenu au prisme-objectif, a montré que la queue rectiligne, à structure filamenteuse, donnait les images des bandes de la molécule ionisée CO^+, tandis que la queue incurvée, diffuse, sans structure apparente, donnait seulement un spectre continu.

La comète *Mrkos* (1957 *d*), actuellement en cours d'observation avec l'aide de M. Georges Bertaud, à la Table équatoriale de l'Observatoire de Paris-Meudon, a présenté deux queues principales. La plus longue est sensiblement rectiligne, relativement fine, montrant une structure en filaments plus ou moins nets, et l'autre, plus courte, située à droite de la première est tangente à celle-ci dans sa partie médiane, à son départ de la tête. Elle est recourbée, plus large, et, surtout beaucoup plus diffuse et sans aucune structure apparente à l'échelle de nos photographies

(F = 120 et 49,4 cm). Les deux queues, assez diffuses et un peu confondues le 11 août, étaient bien séparées le 24 août et formaient entre elles, dans leur partie centrale, un angle d'environ 13°. Elles se classent, par leur aspect, dans les types de queues I et II de Bredichin.

Malgré les conditions atmosphériques très défavorables de ce mois d'août 1957, quelques bons spectres ont été obtenus au prisme-objectif Huet (objectif F = 30 cm, O = 10,8 cm, prisme en flint de 60° donnant une dispersion de 74 Å/mm pour H_δ) en particulier les 24 et 25 août. Tous ces clichés feront l'objet d'une étude détaillée. Mais les spectres montrent une particularité importante qui ne paraît pas avoir été encore observée nettement. Elle n'a pas, en tout cas, été enregistrée sur les nombreux spectrogrammes de comètes que j'ai pris, au prisme-objectif, depuis 1907. Elle mérite, à ce titre, d'être signalée dès à présent.

La queue rectiligne a donné, dans toute sa longueur, un petit nombre d'images monochromatiques qu'on identifie aisément avec les doublets du spectre de bandes de la molécule ionisée CO^+ caractéristique des queues cométaires. Ces images se détachent sur un fond continu relativement intense, sans trace de structure. Mais les plaques ayant servi à obtenir les spectres (Super-Panchro Lumière) ont un maximum de sensibilité dans le rouge, qui tombe rapidement à zéro, du côté rouge, à l'échelle prismatique. Grâce à cette propriété, on peut reconnaître que le contour de la limite du spectre continu dans le rouge, et la direction générale de son maximum d'intensité, coïncident avec l'image que la deuxième queue aurait pu former dans cette région si elle avait été monochromatique. Il en résulte que le spectre continu, tout au moins dans sa plus grande partie, est vraisemblablement émis par la seconde queue dont on ne trouve, par ailleurs, aucune image monochromatique. Sa lumière doit donc provenir, semble-t-il, non d'une émission par les molécules habituelles des comètes, mais par la diffusion du rayonnement solaire sur des particules solides dont elle serait constituée.

Cette constatation est particulière à cette comète, car, dans tous les autres cas que j'ai pu étudier, les queues divergentes ont donné toutes deux le spectre du CO^+. L'exemple le plus caractéristique en est fourni par les deux queues de la comète *Brooks* (1911 V) formant un angle de 25° entre elles, qui m'ont donné toutes deux des images monochromatiques du CO^+.

Il y a cependant une certaine différence dans la structure des queues de la comète *Brooks* et celles de l'actuelle comète *Mrkos*. Dans la première, les deux queues, en filaments diffus, ont sensiblement le même aspect, tandis que la seconde a ses deux queues bien différenciées comme on l'a vu plus haut.

(*Observatoire de Paris.*)

THERMODYNAMIQUE. — *Thermodynamique des processus irréversibles.* Note (*) de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une Note publiée dans les Comptes rendus du 20 mai 1957, M. André Péneloup considère un pendule soumis à l'action de la pesanteur, qu'il suppose enfermé dans une enceinte et qui s'échauffe d'une manière uniforme au cours du mouvement. En appliquant les formules de notre livre *Les bases mathématiques de la théorie des processus thermodynamiques irréversibles* [1], il conclut que, dans le cas simple qu'il considère, mes hypothèses sont en défaut et que par conséquent elles ne peuvent pas servir de fondement à une théorie aussi générale que la thermodynamique des processus irréversibles. Je veux ici contester ses conclusions.

Je considère un processus thermodynamique dans un système *adiabatiquement isolé*, au voisinage de l'état de stabilité thermodynamique. Soient $\xi_1, \ldots, \xi_n$ les paramètres *indépendants* définissant l'état thermodynamique du système, $S(\xi_1, \ldots, \xi_n)$ l'entropie au moment t et $\xi_1^0, \ldots, \xi_n^0$ les valeurs de ces paramètres à l'état d'équilibre stable, défini par le maximum de S. On a pour l'acroissement ΔS de l'entropie, réduit à ses termes du second degré

$$\Delta S = S(\xi) - S(\xi^0) = -\frac{1}{2}\sum g_{ik} x_i x_k, \qquad \text{avec} \quad g_{ik} = -\left(\frac{\partial^2 S}{\partial \xi_i \, \partial \xi_k}\right)_0, \qquad x_i = \xi_i - \xi_i^0.$$

On a pour les forces X_i l'expression

$$X_i = \frac{\partial(-\Delta S)}{\partial x_i}.$$

Ici $\Sigma g_{ik} x_i x_k$ est une forme positivement définie, ce qui fait que les racines r^2 de

$$\Delta = \begin{vmatrix} g_{11} - r^2 & g_{12} & g_{1n} \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots \\ g_{n1} & g_{n2} & g_{nn} - r^2 \end{vmatrix} = 0$$

sont toutes positives.

Voyons ce qu'on a dans les formules de M. Péneloup. Il pose

$$dS = -\frac{v}{T}\, d(mv) - \frac{f}{T}\, dl, \qquad \text{avec} \quad v = \frac{dl}{dt}.$$

Contrairement à ce que nous admettons dans notre théorie et en général dans les théories thermodynamiques que les variables x_i, x_k sont indépendantes, on a ici $v = dl/dt$.

Même si (mv) et l étaient indépendants, l'état d'équilibre thermodynamique serait défini par

$$\frac{\partial S}{\partial (mv)} = -\frac{v}{T} = 0 \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial S}{\partial l} = -\frac{f}{T} = 0,$$

c'est-à-dire par $v = 0$, $f = 0$ ou bien par $T = \infty$ (T étant la température).

Dans la première hypothèse on aura $dl/dt = v = 0$, ainsi que $f = 0$, où f est la composante de la force de pesanteur et de la réaction du fil.

Dans nos formules générales entrent les secondes dérivées g_{ik} de S à l'état d'équilibre thermodynamique. Dans la Note de M. Péneloup elles sont données par les premières dérivées. Ainsi, par exemple, on a chez lui $g_{22} = (f/T)l$ et, par conséquent, $g_{22} = 0$, puisque $f = 0$ ou bien $T = \infty$ à l'état d'équilibre d'après ses formules.

M. Péneloup trouve l'équation

$$\frac{d^2(mv)}{dt^2} = kv \tag{1}$$

et la rejette immédiatement, parce que « Cet auteur (K.P.) avec ses hypothèses démontre que les coefficients r sont réels ». Mais ils doivent être réels, même négatifs puisque v et l doivent tendre d'une manière monotone d'après les théories générales de la thermodynamique, S tendant en croissant d'une manière monotone vers son maximum, et l'intégrale de cette équation qu'il rejette immédiatement (en supposant qu'elle est celle qu'il faut considérer) doit être de la forme Ce^{-rt}, pour que v tende vers zéro, sa valeur de l'état d'équilibre thermodynamique stable. En retenant dans le développement de S les termes de degré supérieur à 2, on trouve pour C une fonction de t, comme nous le montrons dans notre livre.

On ne peut supposer que M. Péneloup considère le cas où le pendule échange de la chaleur avec le milieu ambiant ; dans ce cas ce serait pire. Je ne m'arrête pas non plus à la seconde hypothèse où l'on aurait $T = \infty$ à l'état d'équilibre.

(*) Séance du 26 août 1957.

(1) *Mémorial des Sciences physiques*, fasc. 63, Gauthier-Villars, Paris.

SPECTROSCOPIE. — *Profil spectral et causes d'élargissement de quelques radiations hautement monochromatiques du mercure* 198. Note de MM. **Jean Terrien**, **Jean Hamon** et **Toshiro Masui**, transmise par M. André Danjon.

Les radiations verte et jaunes du mercure 198, émises par un tube sans électrode maintenu à 2°C, ont été étudiées à l'étalon Perot-Fabry et par la visibilité des interférences à deux ondes, pour leur aptitude à fournir un étalon fondamental de longueur.

Parmi les radiations atomiques susceptibles de constituer, par leur longueur d'onde dans le vide, l'étalon primaire futur de longueur, le Bureau International des Poids et Mesures a étudié trois raies du mercure 198 qui seront appelées Mv($\lambda = 0,5461\,\mu$), M1($\lambda = 0,5791\,\mu$) et M2($\lambda = 0,5770\,\mu$). Le

rayonnement était produit par l'excitation, dans un champ oscillant à la fréquence de 300 MHz, de tubes sans électrode ([1]) contenant 2 à 3 mg de ^{198}Hg et de l'argon à une pression probable d'environ 1 mm de mercure, refroidis par eau et observés en travers.

Par analyse spectrale à l'étalon Perot-Fabry à pression d'air variable et observation photoélectrique, on a obtenu en 1956 ([2]) des profils spectraux symétriques (sauf Mv à 40° C). Si l'eau est glacée, ces profils ne se distinguent d'une courbe théorique d'effet Doppler-Fizeau que loin du sommet, où l'excédent de lumière observé est attribuable à la diffusion, aux défauts de planéité des miroirs interférentiels, ou en partie à une cause d'élargissement de la raie autre que l'effet Doppler. Les deux composantes hyperfines principales du mercure 199, présent en proportion de 1,5 %, par superposition des ordres d'interférences, coïncident et rompent apparemment la symétrie sur l'un des pieds de Mv. Les largeurs à mi-intensité sont 0,020 à 0,021 cm^{-1}. La largeur Doppler théorique serait 0,0148 à 0,0157 cm^{-1}; pour expliquer cet écart par un effet Doppler, il faudrait admettre une température d'agitation supérieure à 200° C, ce qui est excessif.

Lorsque l'eau était chauffée jusqu'à 40° C, la largeur des raies jaunes augmentait jusqu'à 0,024 cm^{-1}, et le profil de Mv devenait finalement renversé et légèrement dissymétrique.

Nos mesures récentes de la visibilité V des interférences à deux ondes en fonction de la différence de marche D, imitées de celles de A. Michelson ([3]) mais plus précises, ont élucidé la nature des élargissements et précisé leur valeur.

Si le profil était du type Doppler pur, la visibilité serait $V_1 = \exp(-K_1 D^2 \delta_1^2)$, où δ_1 est la largeur Doppler, et $K_1 = \pi^2/(4 \operatorname{Log}_e 2)$. Si les atomes étaient au repos sans cesser d'être soumis aux mêmes autres perturbations, la plupart des causes d'élargissement (chocs, résonance quantique, largeur naturelle) mènent à un profil de la forme $(1 + 4\nu^2/\delta_2^2)^{-1}$, avec une largeur au repos δ_2; la visibilité correspondante serait $V_2 = \exp(-\pi D \delta_2)$. L'effet Doppler étant superposé, on peut démontrer que la visibilité résultante est $V = V_1 V_2$ et

$$D^{-1} \log_{10} V = -1{,}542\, D\, \delta_1^2 - 1{,}36\, \delta_2. \qquad (1)$$

La visibilité V étant mesurée, le graphique de $D^{-1} \log V$ en fonction de D fait connaître séparément les largeurs δ_1 et δ_2. De δ_1 on déduit la température d'agitation des atomes émetteurs, et de δ_2 l'importance des perturbations.

L'expérience, pour une lampe à 2° C, conduit à $\delta_1 = 0{,}016$ cm^{-1}, soit une température de 38° C, valeur admissible, et à $\delta_2 = 0{,}003$ cm^{-1} (Mv) ou 0,008 cm^{-1} (M 1 et M 2). La linéarité du graphique et la vraisemblance de ces nombres confirment qu'il était légitime de négliger l'autoabsorption à 2° C.

Si l'on chauffe l'eau qui circule autour de la lampe, l'intensité des raies jaunes peu absorbables croît en même temps que la tension de vapeur de

mercure; de la croissance plus lente de l'intensité de Mv, raie absorbable dont le niveau inférieur est métastable, on déduit que son absorption à 20° C est de l'ordre de 0,4, valeur assez faible pour que l'on tente une théorie simple de son profil spectral. En supposant que la vapeur absorbante est séparée de la vapeur lumineuse, et que les courbes spectrales d'émission et d'absorption sont les mêmes et peu différentes de courbes Doppler, on calcule la formule approchée

$$(2)\qquad V=(1-a)^{-1}[\exp(-K_1 D^2 \delta_1^2)-a\exp(-0,5 K_1 D^2 \delta_1^2)]\exp(-\pi D\delta_2).$$

Dans cette formule, a est le facteur d'absorption au sommet du profil.

Lorsqu'on attribue aux trois paramètres les valeurs plausibles

$$\delta_1=0,017\ \text{cm}^{-1}\quad (t=60^\circ\text{C}),\qquad \delta_2=0,00375\ \text{cm}^{-1}\qquad \text{et}\qquad a=0,385,$$

l'accord avec les visibilités mesurées à 22° C est excellent; le changement du signe de V exprime l'inversion des franges sombres et claires, conforme à l'expérience

D (cm).	10.	20.	30.	40.	43.	50.	54.	60.
V observé...	0,775	0,457	0,182	0,023	0,000	−0,032	−0,032	−0,019
V calculé...	0,775	0,451	0,176	0,025	0,000	−0,031	−0,031	−0,029

Les perturbations mesurées par δ_2 sont presque les mêmes à 22° C et à 2° C, malgré une tension de vapeur plus que quadruplée de mercure, ce qui incite à incriminer les chocs d'atomes d'argon. L'essai d'une autre lampe à mercure 198, avec une pression d'argon de 10 mm Hg, a fourni des raies anormalement larges, ce qui confirme cette interprétation.

Ces résultats montrent que la mesure précise de la visibilité renseigne mieux que l'analyse spectrale directe. Mais c'est grâce à la symétrie des profils, préalablement constatée, que l'on a pu légitimement négliger la partie impaire de la transformation de Fourier qui relie visibilité et profil spectral ([4]).

Les trois radiations de ^{198}Hg étudiées souffrent d'un élargissement par choc assez important. La raie verte, étant moins affectée, et son autoabsorption étant négligeable si la lampe est refroidie, fournirait l'étalon de longueur d'onde le plus favorable s'il devait être choisi parmi ces raies du mercure. La précision expérimentale permet de dire que l'axe de symétrie de son profil spectral est défini au moins à 0,0002 cm^{-1}, et donc sa longueur d'onde moyenne à 10^{-8} en valeur relative, conclusion confirmée par des comparaisons précises de longueur d'onde aux différences de marche 125 et 360 mm.

En liaison avec l'élargissement par l'argon, on sait par ailleurs que la raie verte se déplace vers le rouge proportionnellement à la pression de ce gaz ([5]), de 0,0002 à 0,0004 cm^{-1} par mm Hg; or après scellement de la lampe, cette pression n'est plus mesurable; on croît qu'elle diminue par l'usage.

Nous ne savons pas quelles perturbations subsisteraient si la pression de l'argon était très faible, ni si le fonctionnement de la lampe et sa durée de vie

resteraient acceptables. Mais nous expliquerons, dans une publication ultérieure, pourquoi les possibilités du krypton 86 paraissent plus favorables.

(1) W. F. MEGGERS et F. O. WESTFALL, *J. Research N. B. S.*, 44, 1950, p. 447.
(2) J. TERRIEN, *Congrès Avogadro*, Turin, 1956 (à paraître dans *Supp. Nuovo Cimento*), et *P. V. du C. I. P. M.*, 25, 1956, p. 34.
(3) *Trav. et Mém. du B. I. P. M.*, 11, 1895, p. 129.
(4) Lord RAYLEIGH, *Phil. Mag.*, 34, 1892, p. 407.
(5) K. M. BAIRD, *P. V. du C. I. P. M.*, 24, 1954, p. 132; H. BARRELL, *Proc. Roy. Soc.*, A 209, 1951, p. 132.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la réaction de l'acide azothydrique avec l'hydrogène atomique. Contribution à l'étude de la transition* $^3\Pi \rightarrow {}^3\Sigma$ *du radical* NH. Note de MM. **GUY PANNETIER** et **HENRI GUENEBAUT**, présentée par M. Paul Pascal.

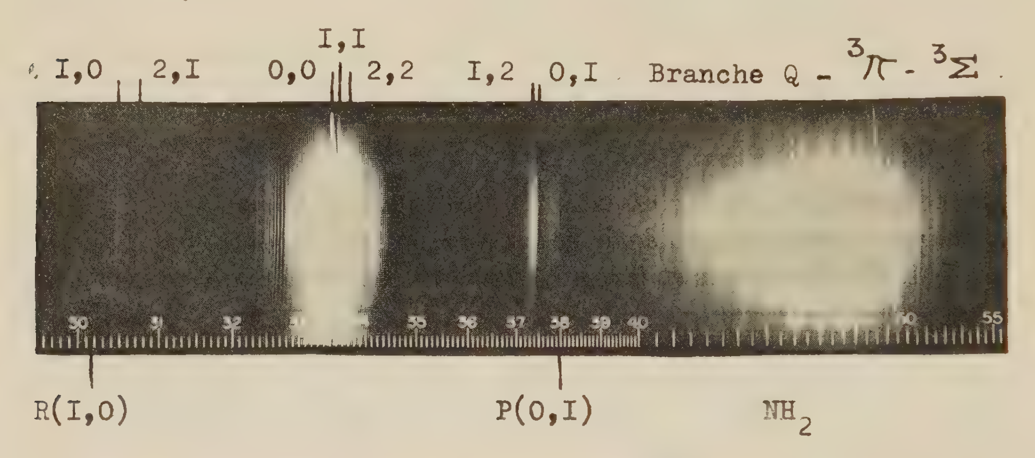
L'analyse spectrale de cette réaction, nous a permis d'y mettre en évidence, en l'absence complète des émissions parasites des radicaux OH et CN, toutes les bandes actuellement connues de la transition $^3\Pi \rightarrow {}^3\Sigma$ de NH ainsi que les « bandes α ». Ceci nous a permis de préciser la longueur d'onde de la bande Q(2, 1) et le mécanisme de formation du radical NH_2.

La réaction entre la vapeur d'acide azothydrique et l'hydrogène atomique a été réalisée sous une pression réduite, inférieure à la pression critique (3) au-dessus de laquelle l'autodécomposition devient un phénomène entretenu. L'introduction de l'acide azothydrique et de l'hydrogène atomique peut y être faite par deux tubulures orthogonales ou concentriques. Une pompe à vide puissante débitant 500 l/mn, y entretient une pression dynamique d'environ 7/10e de millimètre de mercure. L'hydrogène commercial a été utilisé sans purification et l'acide azothydrique a été préparé en traitant son sel de sodium sec vers 50-60° C par l'acide orthophosphorique.

En 1951, l'étude de l'autodécomposition de l'acide azothydrique avait permis à l'un d'entre nous et à A. G. Gaydon (1), (2) de mettre en évidence deux nouvelles séquences de la transition $^3\Pi \rightarrow {}^3\Sigma$ du radical NH. Ces observations spectroscopiques avaient cependant été gênées dans la région des 3 000 Å par la présence de bandes parasites relativement intenses du radical OH. Ceci avait rendu délicate la mesure de la longueur d'onde de la bande Q(2, 1) et il avait été impossible de la préciser à moins de 1,5 Å près. La technique expérimentale utilisée (2) avait, d'autre part, l'inconvénient d'exiger un temps de pose considérable (20 h) pour permettre avec un spectrographe suffisamment dispersif, l'analyse rotationnelle des nouvelles bandes obtenues.

Le spectre de flamme atomique d'acide azothydrique et d'hydrogène a été obtenu avec un spectrographe Hilger médium quartz (pose : 30 mn, plaque Kodak 0a-0). Il est caractérisé par l'absence totale des bandes parasites des

radicaux OH et CN et par la présence très intéressante, à l'exception de la bande R(2,1) à 3054,7 Å, de toutes les autres bandes de la transition $^3\Pi \rightarrow {}^3\Sigma$ du radical NH, mises en évidence à la suite des travaux que nous venons de signaler. L'absence des bandes de OH aux environs de 3000 Å nous a permis de préciser la position de la bande Q(2,1) et de la situer à 3077 Å à ± 0,5 Å au lieu de 3076,2 à ± 1,5 Å.



Le tableau récapitulatif suivant contient les différentes bandes de la transition $^3\Pi \rightarrow {}^3\Sigma$ de NH présentes dans notre spectre. Les intensités ont été déterminées visuellement et l'on remarque en général, une diminution de l'intensité des bandes des branches R et P par rapport aux résultats obtenus dans la décomposition explosive de N_3H.

Air (Å).	±	Tête.	v'.	v''.	Intensité N_3H/H.	Intensité N_3H.
3023,0	0,5	R?	1	0	2	3
3051,0	0,5	Q	1	0	3	3
Absente	–	R?	2	1	0	3
3077,0	0,5	Q	2	1	1	2
3360,0	0,1	Q	0	0	10	10
3370,0	0,1	Q	1	1	9	9
3383,5	0,1	Q	2	2	5	5
3743,2	0,3	Q	1	2	5	5
3752,1	0,3	Q	0	1	5	4
3803,8	0,5	P?	0	1	3	4

A 3240 et 3609 Å apparaissent également des bandes (0,0) et (1,1) du système $^1\Pi \rightarrow {}^1\Delta$ du radical NH. Les bandes de N_2 sont absentes.

Enfin, la dernière caractéristique de ce spectre est la présence, dans la partie droite, au-dessus de 4200 Å, d'un système de bandes que l'on peut actuellement attribuer au radical NH_2 et dont l'intensité, relative à celle du radical NH, est très supérieure à celle que nous avions observée dans la décomposition explosive de l'acide azothydrique.

On peut donc affirmer que l'hydrogène atomique joue dans la formation du radical NH_2 un rôle très important, et l'on peut expliquer la remarque précédente concernant l'intensité de ce radical, en admettant que dans les deux phénomènes envisagés la formation du radical NH précède celle de NH_2 qui s'effectuerait alors suivant la réaction $NH^* + H \rightarrow NH_2^*$. La présence d'hydrogène atomique, beaucoup moins importante dans la décomposition explosive de N_3H — puisque dans ce cas il faut admettre un double comportement du radical NH, se dissociant tout d'abord en ses éléments et réagissant ensuite avec l'hydrogène formé — justifierait ainsi dans ce dernier phénomène de la faible intensité du radical NH_2.

Étant donné le caractère exothermique de la réaction de recombinaison des atomes d'hydrogène et de l'extrême instabilité de l'acide azothydrique, il est probable que pour la flamme atomique, le premier stade de la réaction consiste en une autodécomposition suivant le schéma : $N_3H + e \rightarrow NH^* + N_2$ en bon accord avec la structure de la molécule et que nous avions déjà préconisé pour la décomposition explosive de la molécule.

Une analyse plus complète de la transition $^3\Pi \rightarrow {^3\Sigma}$ du radical NH et des mécanismes de formation des radicaux NH et NH_2, effectuée à partir des flammes atomiques d'acide azothydrique et d'hydrogène ou d'oxygène ou d'eau dissociée et en utilisant le deutérium comme traceur, est actuellement en cours et fera très prochainement l'objet d'une nouvelle publication.

(1) G. PANNETIER, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 817.

(2) G. PANNETIER et A. G. GAYDON, *J. Chem. Phys.*, 48, nos 5-6, 1951.

(3) G. PANNETIER et A. LECAMP, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 1068.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Mise en évidence par autoradiographie d'une ségrégation de traces de soufre dans les joints du fer recuit en phase* α. Note (*) de MM. **CLAUDE LEYMONIE**, **PIERRE COULOMB** et **PAUL LACOMBE**, présentée par M. Georges Chaudron.

Après un recuit en phase α d'un échantillon de fer pur contenant des traces de soufre radioactif (0,003 %), on met en évidence par autoradiographie une ségrégation ponctuée le long des joints intergranulaires. Ce phénomène appuie l'hypothèse d'une ségrégation anormale d'atomes d'impuretés dans les joints à des températures supérieures à la température limite de solubilité.

De nombreuses études ont montré que dans un réseau métallique les imperfections chimiques ou structurales ont tendance, au cours de certains traitements thermiques, à se répartir en une configuration d'énergie minimum. D. Mc Lean et L. Northcott (1) ont émis en particulier l'hypo-

thèse d'une ségrégation anormale d'atomes d'impuretés dans les joints intergranulaires aux températures supérieures à la température limite de solubilité. Mais on manque encore de preuves expérimentales directes de ce phénomène. C'est pourquoi nous avons cherché à mettre en évidence dans un cas particulier, par la technique autoradiographique, une ségrégation intergranulaire dans un fer très pur contenant du soufre radioactif (^{35}S; période : 87 jours; émetteur β d'énergie 0,167 MeV).

Nous avons utilisé un métal dans lequel la teneur totale en soufre était d'environ 0,003 % ([2]), nettement inférieure à la limite de solubilité admise actuellement, soit 0,020 % à 900° C ([3]). Notons que cette teneur est inférieure, d'une part à la limite de détection par empreinte Bauman ou examen microscopique classique ([4]), d'autre part aux teneurs étudiées par A. S. Keh et L. V. van Vlack ([5]). Nous avons vérifié en effectuant des autoradiographies sur le lingot brut de fonderie et avant tout traitement thermique que la répartition du soufre y était homogène, à ces faibles teneurs.

Un échantillon a été scellé dans une ampoule sous pression normale d'argon purifié, recuit 16 h à 750° C, puis 32 h à 870° C et refroidi dans le four (refroidissement complet en 5 h). Après recuit, l'échantillon est poli mécaniquement pour éliminer environ 100 μ de la couche superficielle; cette abrasion a pour but d'éviter les erreurs qui pourraient provenir d'une légère oxydation au cours du recuit. L'échantillon poli est alors mis en contact avec une émulsion photographique à gros grains pendant 25 jours afin d'accentuer au maximum le contraste de l'image. En effet, on observe sur l'autoradiographie (*fig.* 1) un noircissement homogène à l'intérieur des cristaux sur lequel se détache un ensemble de contours matérialisés par une succession de points noirs. Ceux-ci sont situés exactement à l'aplomb des contours de grains de la structure actuelle, révélée après polissage électrolytique et attaque au réactif au bisulfite de sodium ([6]) (*fig.* 2). L'autoradiographie montre donc une accumulation de soufre radioactif en certains points localisés des contours de grains α. La question se pose de savoir s'il s'agit en fait d'une concentration d'atomes de soufre ou de la formation de précipités de sulfure de fer. Nous ne pouvons y répondre pour l'instant, l'observation au microscope optique ne nous ayant pas permis de voir des précipités dans les joints intergranulaires. Un facteur semble cependant essentiel à la production du phénomène : c'est la vitesse de refroidissement après recuit prolongé à différentes températures (entre 650 et 890° C); un refroidissement lent semble favoriser la ségrégation du soufre en certains points. On observe parfois que les joints marqués par la ségrégation se détachent sur un contour plus pauvre en élément radioactif que la matrice des cristaux. Ce fait et l'absence de ségrégation *visible* par autoradiographie sur les échantillons *trempés*, laissent penser que le soufre,

réparti préférentiellement le long des joints lors d'un recuit dans le haut de la phase α, se rassemble en globules au cours même du refroidissement jusqu'à la température ambiante.

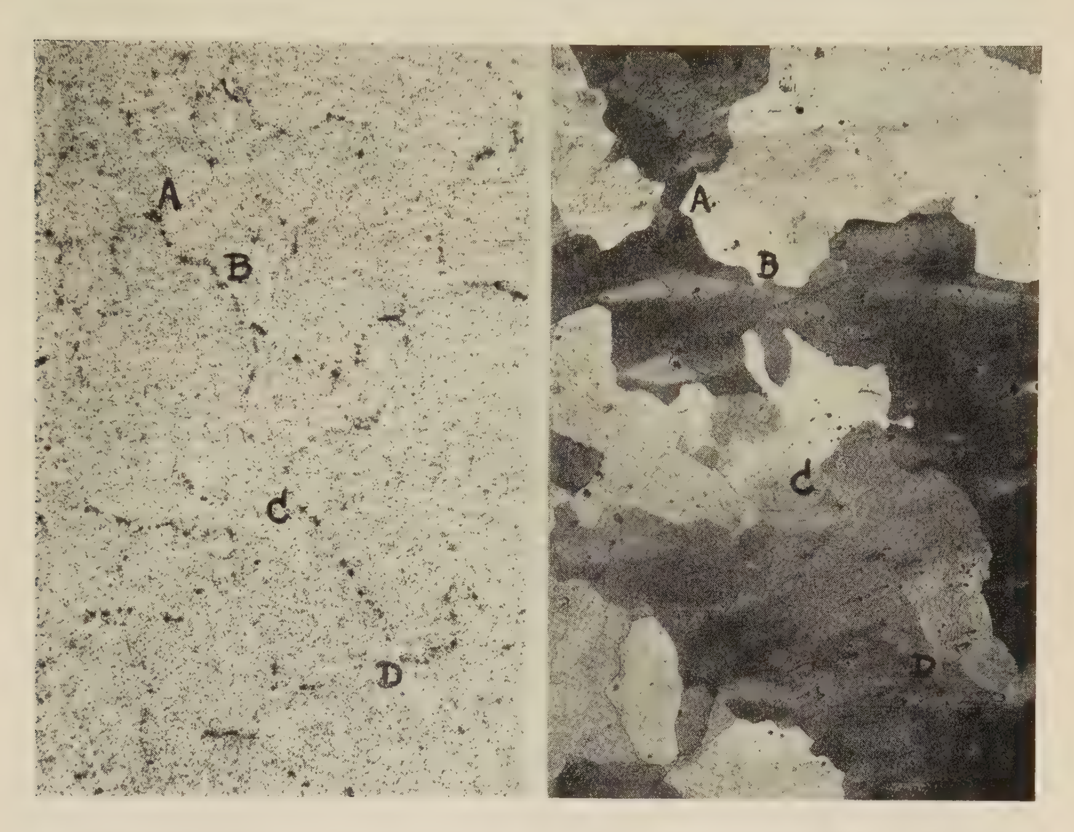


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Autoradiographie d'un fer-soufre à 0,003 % de soufre radioactif après recuit en phase α. Ségrégation ponctuée de soufre sur certains contours de grains actuels, tels que AB et CD. (G × 30).

Fig. 2. — Micrographie de la même plage montrant l'identité de position des joints de grains actuels et de la ségrégation de soufre radioactif. (G × 30).

On observe enfin que les joints ponctués de l'image autoradiographique ne correspondent qu'à une partie des joints révélés par attaque micrographique. Ce fait montre l'importance du facteur structural sur la ségrégation du soufre.

Nous nous proposons de préciser les conditions d'apparition de cette ségrégation à différentes températures, et de voir si les joints particulièrement marqués sur l'autoradiographie, correspondent ou non aux joints dans lesquels la pénétration par autodiffusion intergranulaire est limitée [7].

(*) Séance du 17 juillet 1957.

(1) *J. Inst. Metals*, **72**, 1946, p. 583.

(2) L'alliage a été préparé par les laboratoires de l'Institut de Recherches de la Sidérurgie.

(3) T. ROSENQVIST et B. L. DUNICZ, *Trans. A. I. M. E.*, 194, 1952, p. 604.

(4) H. MALCOR, *Rev. Mét.*, 42, 1945, p. 241.

(5) *Trans. A. I. M. E.*, 206, 1956, p. 950.

(6) L. BEAUJARD et Mlle J. TORDEUX, *Rev. Mét.*, 52, 1955, p. 750.

(7) C. LEYMONIE et P. LACOMBE, *La diffusion dans les Métaux*, Bibliothèque technique Philips (Eindhoven, 1957), p. 53-57; *Rev. Mét.*, 54, 1957 (sous presse).

(*Centre de Recherches Métallurgiques de l'École des Mines, Paris.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les séléniures de l'uranium tétravalent.*

Note (*) de M. **PARVIZ KHODADAD**, présentée par M. Georges Chaudron.

Le séléniure de l'uranium tétravalent, Se_2U, se présente sous trois formes cristallines α, β et γ analogues à celles du sulfure S_2U. Elles sont obtenues par l'action de la chaleur sur le polyséléniure Se_3U. La plus basse température fournit le dérivé γ, ainsi qu'on l'a déjà observé pour les sulfures.

Colani (1) en 1903, obtenait le séléniure d'uranium Se_2U, en faisant agir des vapeurs de Se, entraînées par un courant d'hydrogène, sur $Cl_4U.2ClNa$, porté au rouge. Le produit obtenu était parfois pyrophorique.

Dans une précédente Note (2) nous avons montré qu'en utilisant le chlorure Cl_4U et en chauffant à 620°C, on obtenait le polyséléniure de l'uranium tétravalent, Se_3U.

Nous avons depuis constaté que ce dernier composé chauffé dans le vide entre 570 et 580°C abandonne du sélénium. La progression de la réaction est suivie par les spectres X. Après une durée voisine de 6 h, on aboutit à Se_2U.

L'analyse du composé donne les résultats suivants :

	Se %.	U %.
Théorie pour Se_2U	39,88	60,12
Trouvé	39,55	60,30

C'est une poudre noire bien cristallisée. La maille est hexagonale, du type S_2U_γ (3), de paramètres : $a = 7{,}68$ Å « vrai », $C = 4{,}21$ $c/a = 0{,}547$.

Nous appellerons donc ce séléniure Se_2U_γ.

La densité calculée pour trois molécules par maille est 9,15 g/ml. Expérimentalement, nous avons trouvé $d_4^0 = 9{,}07$.

Dans une atmosphère exempte d'oxygène, Se_2U_γ se décompose sous l'action de l'eau bouillante. Cette hydrolyse transforme quantitativement l'uranium en oxyde O_2U et le sélénium se dégage entièrement sous forme de SeH_2; la réaction ne fournit pas d'oxyséléniure

$$Se_2U + 2OH_2 \rightarrow O_2U + 2SeH_2.$$

Se_2U_γ, abandonné à l'air, à la température ordinaire, s'altère lentement. L'humidité atmosphérique l'attaque en dégageant SeH_2 qui se décompose, au fur et à mesure de sa formation, sous l'action de l'oxygène, pour recouvrir le produit d'une couche de Se amorphe rouge. Cette action de l'air devient plus rapide à 200° C. Elle aboutit alors à l'oxyde O_2U, tandis que le sélénium s'oxyde en SeO_2.

Les solutions aqueuses de potasse ou de soude attaquent à froid Se_2U_γ. En opérant en absence de l'air, on obtient l'oxyde O_2U et une solution de polyséléniure alcalin.

Les acides chlorhydrique et acétique transforment Se_2U_γ en sels d'uranium tétravalent et gaz SeH_2.

L'acide nitrique concentré détruit instantanément Se_2U_γ. Après l'élimination de l'excès d'acide, on obtient du sélénite acide d'uranyle.

En tube scellé, en présence de Se, Se_2U_γ se transforme à 450° C, en polyséléniure Se_3U.

Un mélange équimoléculaire de Se_2U_γ et O_2U chauffé 48 h à 550° C, en tube scellé, donne l'oxyséléniure OSeU. Le spectre du produit est du type FClPb, déjà indiqué par Riccardo Ferro [4].

Deux autres formes cristallines de Se_2U peuvent être isolées et elles correspondent aux structures qui ont été signalées pour les sulfures d'uranium par Picon et Flahaut [5] sous les désignations de S_2U_α et Se_2U_β. Nous appellerons Se_2U_α et Se_2U_β les composés analogues à S_2U_α et Se_2U_β.

Ces dérivés s'obtiennent, comme Se_2U_γ, par l'action de la chaleur sur le polyséléniure Se_3U, mais à des températures plus élevées. Dans ces conditions, on observe en même temps que la formation de Se_2U une dissociation très légère et, par suite, une teneur un peu trop élevée en uranium.

C'est le séléniure β qui se forme d'abord, par exemple par chauffage de Se_3U dans le vide à 760° C pendant 3 h. Nous l'avons également obtenu à partir du chlorure double $Cl_4U.2ClNa$, traité par SeH_2 à 900° C.

Pour avoir le composé α, on a intérêt à ne pas utiliser l'action du vide qui accentue la dissociation et l'on traite le polyséléniure par un courant d'hydrogène pendant 10 h à 700° C.

La comparaison de certains résultats obtenus pour les trois formes de Se_2U peut être faite dans le tableau suivant :

Se_2U.		α.	β.	γ.
Théorie	Se %	39,88	39,88	39,88
	U %	60,12	60,12	60,12
Trouvé	Se %	38,35	37,25	39,55
	U %	62,01	62,80	60,30
Structure cristalline		Quadratique, type S_2U_α $a = 10{,}73$ Å vrai $c = 6{,}59$	Orthorhombique, type Cl_2Pb $a = 4{,}26$ Å vrai $b = 7{,}46$ $c = 8{,}98$	Hexagonal, type S_2U_γ $a = 7{,}68$ Å vrai $c = 4{,}21$

	Avec 10 mol par maille.	4 mol par maille.	3 mol par maille.
Densité calculée (g/ml).	8,66	9,23	9,15
Trouvé d_4^0............	8,89	9,08	9,07
$\chi_a . 10^{-6}$ C. G. S........	3 530	3 395	3 550

(*) Séance du 22 juillet 1957.

(1) *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 382; *Ann. Chim. Phys.*, (8), 12, 1907, p. 59.

(2) Khodadad et Flahaut, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 462.

(3) Picon et Flahaut, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2150.

(4) *Z. Anorg. Allg. Chem.*, 275, 1954, p. 320.

(5) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1160.

ÉCOLOGIE MARINE. — *Teneur en air et en eau interstitiels des sables marins et son influence sur les conditions d'habitat.* Note de M. **François Rullier**, transmise par M. Louis Fage.

1. Porosité a l'air. — Un sable même tassé conserve entre ses grains des interstices qui se remplissent d'air ou d'eau. Pour mesurer l'air on peut procéder de la manière suivante :

1° *Prélèvement de l'échantillon de sable.* — L'instrument employé par nous a la forme d'un déplantoir de jardinier, constitué par un demi-cylindre de cuivre solidement emmanché et permettant de prélever le sable sans le tasser. Les bords bien rigides et assez tranchants permettent de découper un volume de sable égal à celui du demi-cylindre, soit ici 154 ml. Pour opérer plus facilement, il convient de préparer préalablement un front de taille, perpendiculairement auquel il suffit ensuite d'enfoncer l'instrument et de raser soigneusement, avec une plaque de cuivre bien plane, les quelques débris qui dépassent le gabarit. Le sable est transporté dans des sacs de matière plastique étanches.

2° *Mesure.* — Le sable ainsi prélevé et non égoutté est versé dans une fiole conique d'une capacité de 330 ml. Si les 154 ml de sable ne contenaient pas d'air, il faudrait ajouter 330 — 154 = 176 ml de liquide pour remplir complètement la fiole conique; s'il en faut davantage, tout le surplus représente le liquide qui a pris la place précédemment occupée par l'air. Supposons que 20 ml de liquide aient été ajoutés, c'est qu'il y avait au moins 20 ml d'air dans les 154 ml de sable. Pour chasser le plus d'air possible, nous employons comme liquide de l'eau douce, glycérinée à 1/300e environ et nous remuons vigoureusement le sable et le liquide en reversant plusieurs fois le liquide de la fiole conique dans le sac de matière plastique, ce qui décolle en même temps les moindres particules de sable. Nos chiffres peuvent pécher légèrement par défaut.

3° *Résultats.* — Pour 129 échantillons de sables marins de surface,

c'est-à-dire prélevés dans les 10 premiers centimètres, la moyenne est de 11,6 % d'air, 37 d'entre eux en possèdent moins de 5 %, 32 de 10 à 15 %, 17 de 15 à 20 % et seulement 3 atteignent 46 % (sables bulleux s'écrasant sous le pas). Pour 49 sables de profondeur, prélevés de 20 à 30 cm de la surface, la moyenne atteint 6,4 %. 10 d'entre eux ne contiennent pas d'air, tous les vides étant remplis par de l'eau, 29 en contiennent moins de 5 % et seulement 10 en ont plus de 10 %. La quantité d'air retenue par un sable est fonction de la finesse de ses grains. Pour les sables étudiés ci-dessus on trouve : de 1 à 5 % d'air dans les sables possédant une moyenne de 6,4 % de sable fin (moins de 100 μ); de 9 à 13 % d'air pour les sables ayant une moyenne de 3,9 % de sable fin, de 16 à 19 % d'air pour les sables ayant une moyenne de 1,9 % et de 30 à 47 % d'air pour les sables ayant une moyenne de 0,9 % de sable fin. Donc plus le sable est fin et moins il retient d'air.

2. Porosité a l'eau. — La quantité d'eau contenue dans un sable se mesure en desséchant à 110° une quantité connue de ce sable. Pour les sables de surface, les 129 échantillons ont fourni une moyenne de 22 % d'eau pour 100 g de sable mouillé. Sur ce nombre, 22 seulement en ont de 1 à 15 %, 98 de 15 à 30 % et 9 seulement plus de 30 %. Avec 1,5 % de parties fines, un sable retient en moyenne 5,18 % d'eau; avec 2,2 % de parties fines, il en retient 12,18 %; avec 5 % de parties fines, il en retient 20,8 % et avec 18 % de parties fines, il retient en moyenne 37 % d'eau. La capacité d'un sable à retenir l'eau est fonction de la finesse de ses grains. Plus il est fin, plus il retient d'eau. Ainsi dans une grève comme celle de l'Aber de Roscoff où le sable superficiel est plus fin que le sable de profondeur, c'est le sable superficiel qui est, en général, le plus riche en eau au cours de la marée basse.

3. Conséquences sur les conditions de l'habitat. — Les caractéristiques granulométriques d'un sable influent donc sur la quantité d'air et d'eau que retient ce sable dès qu'il est exondé. Or c'est la quantité d'eau résiduelle qui conditionne pour beaucoup la vie des animaux du sable. On constate que l'habitat de chacune des espèces vivant dans le sable peut être caractérisé par une formule granulométrique-type. Ainsi, *Arenicola marina* L. (Annélide Polychète) vit dans les sables vaseux retenant environ 24 % d'eau et dont la courbe granulométrique de fréquence admet quatre maxima : à 70, 114, 158 et 247 μ. *Lanice conchilega* (Pallas), autre Annélide Polychète, vit dans des sables grossiers ayant de 11 à 30 % d'eau et présentant une courbe granulométrique de fréquence à plusieurs maxima, dont un toujours à 3 mm, un second le plus souvent à 1,5 mm et d'autres relatifs à des grains plus fins.

Il ne suffit pas d'ailleurs qu'un sable présente les caractéristiques granu-

lométriques typiques pour l'*Arenicola* ou la *Lanice* pour qu'on y trouve obligatoirement ces espèces. D'autres conditions sont requises, variables avec chaque espèce : salinité, teneur en matières organiques, en carbonates, etc. L'indice de granulométrie est le plus important des facteurs conditionnant le biotope de chacune des espèces du sable, mais il n'est pas le seul.

PRÉHISTOIRE. — *Découvertes d'instruments de la « Pebble-Culture » dans les cailloutis villafranchiens d'Arbaoua.* Note (*) de MM. **Pierre Biberson, Georges Choubert,** Mlle **Anne Faure-Muret** et M. **Georges Lecointre,** présentée par M. Paul Fallot.

Les cailloutis rouges d'Arbaoua connus depuis les débuts de la géologie marocaine (L. Gentil, J. Bourcart, etc.) et dont l'âge villafranchien n'a jamais été contesté, nous ont fourni en octobre 1956 des galets taillés ayant des caractères indiscutables de la « Pebble-Culture ».

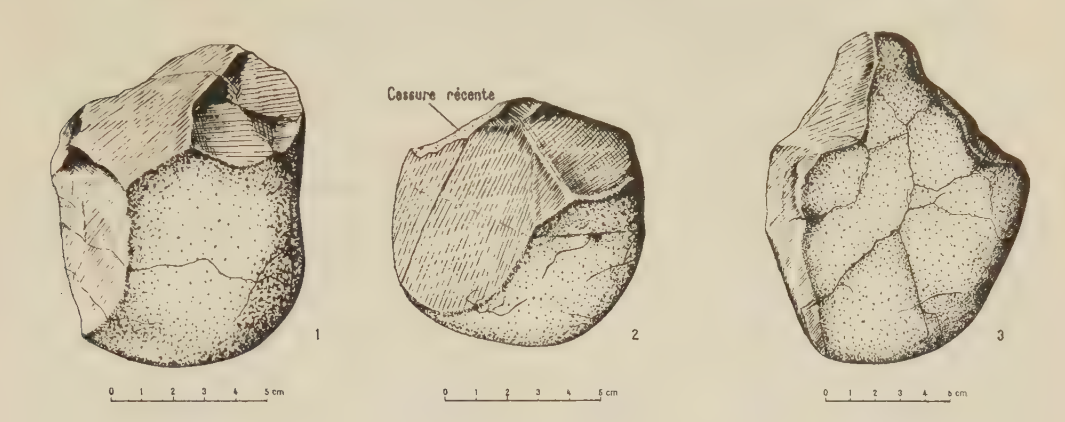
On sait que ces cailloutis, dont l'épaisseur peut dépasser 100 m, forment dans la région d'Arbaoua un ensemble de vastes cuvettes synclinales (phase tectonique de la fin du Villafranchien). Le centre d'Arbaoua se situe au cœur d'un de ces synclinaux.

A quelques 300 m au Sud du village, la route de Rabat-Tanger serpente à flanc de coteau et entaille profondément la série villafranchienne. Celle-ci est constituée d'abord par une alternance de sables rouges et de niveaux de cailloutis, puis, vers le haut, devient entièrement caillouteuse. Le matériel est mal calibré, les éléments peuvent être de grande taille, bien roulés, généralement patinés et colorés superficiellement en rouge orangé. La majorité des galets sont des grès de teinte blonde (Sénonien du Rif). Beaucoup montrent des craquelures de gélivation. L'ensemble présente un pendage Nord de 15 à 20°.

Nous avons récolté une vingtaine de galets percutés présentant tous les signes d'une taille extrêmement fruste, mais intentionnelle. La plupart ont été ramassés dans les tas de cailloux abandonnés par les Travaux Publics après l'établissement de la chaussée; une demi-douzaine ont cependant été recueillis *en place* dans la moitié supérieure du Villafranchien. Si tous n'ont pas été retenus c'est qu'il n'est pas impossible que les actions naturelles aient réalisé certains de ces *pebble-tools* : s'agissant d'une industrie extrêmement fruste, nous avons tenu à n'accueillir que les pièces présentant une authenticité absolue. Nous en avons finalement retenu trois dont une recueillie *in situ.*

La première pièce est un galet globuleux dont une face est relativement plane; celle-ci porte la trace de l'enlèvement d'un seul éclat à la base,

tandis que l'autre face montre trois enlèvements larges formant une arête sensiblement rectiligne sur toute la largeur de l'outil. Sorte de rabot primitif, cet instrument doit être classé dans la catégorie des « *choppers* ».



Le second galet taillé est extrêmement caractéristique, quoiqu'il ait été défiguré par une cassure récente qui s'est sans doute produite à l'extraction par les ouvriers. De forme ovoïde, il porte les traces d'enlèvements d'éclats alternés : sept au total, qui ont déterminé une arête fortement sinusoïdale typique de l'outil oldovaïen dit « *chopping-tool* ».

Le troisième est également fort intéressant, c'est un galet ellipsoïdal aplati dont une des extrémités a subi l'enlèvement d'au moins deux éclats sur une face, et trois sur l'autre qui ont provoqué le dégagement d'une pointe fruste limitée par deux coches grossières réalisant ainsi l'outil que C. Van Riet Lowe appelle « *Notch and notch* ».

Ces trois outils appartiennent incontestablement à la grande famille de la « Pebble-Culture » et sont parfaitement à leur place dans une formation villafranchienne. Le second qui semble provenir du sommet de la couche est même relativement évolué du fait de son allure oldovaïenne. Dans les trois cas une forte usure due au transport (et peut-être à l'action des agents atmosphériques) et une profonde patine authentifient l'ancienneté de la taille de ces outils.

Il faut rappeler que la « Pebble-Culture » (notamment des polyèdres) est connue dans le Villafranchien supérieur de l'Aïn el Hanech (Saint-Arnauld près de Sétif) [1]. Sa présence dans le Villafranchien d'Arbaoua vient confirmer les prévisions faites en 1953 par l'un d'entre nous (P. B.) après la découverte des premiers éléments de la Pebble-Culture au Maroc atlantique remaniés dans les niveaux tyrrhéniens [2].

(*) Séance du 26 août 1957.

[1] C. Arambourg, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1949, p. 120-122.

[2] P. Biberson, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1227.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur l'activité phytotoxique de divers dérivés de l'acide trichloracétique.* Note de MM. **Pierre Poignant** et **Raymond Richard**, présentée par M. Raoul Combes.

Les sels, alkyl- et aryl-esters de l'acide trichloracétique sont tous plus ou moins actifs. Ils sont télétoxiques sur blé et absorbés tant par les racines que par les feuilles.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré que les alkyl-esters non substitués de l'acide monochloracétique ne sont pas phytocides, tandis que de nombreux esters de la série aromatique possèdent une activité herbicide souvent supérieure à celle de l'acide libre.

Nous avons étudié d'une façon analogue l'activité de divers dérivés de l'acide trichloracétique (TCA) qui, lui-même peu actif en général sur dicotylédones, présente au contraire, des propriétés phytotoxiques puissantes sur diverses espèces de graminées.

Techniques d'essais. — Tous les essais ont été effectués en serre sur blé (*Triticum vulgare*) dans des godets de terre franche; chaque traitement a été répété au minimum quatre fois par série. Les détails de la méthode ont déjà été publiés ([2]).

1° *Essais en pré-émergence :* 48 h après le semis, mais avant la levée (stade « point blanc ») par pulvérisation sur le sol des dilutions à l'essai.

2° *Essais en post-émergence* (plantules de 10 cm de longueur, 1 feuille) : *a.* par arrosage du sol en apportant 10 ml de dilution par godet; *b.* par immersion instantanée du feuillage dans les dilutions à l'essai.

Nous avons choisi ces trois techniques pour savoir d'abord si les dérivés de l'acide trichloracétique agissaient aussi bien en pré-émergence qu'en post-émergence du blé et si l'absorption de ces substances avait lieu électivement ou non par les racines (arrosage du sol) et les feuilles (immersion).

Tous les dérivés de l'acide trichloracétique ont été utilisés à concentrations égales en équivalent-acide.

Résultats. — 1° *Essais en pré-émergence.* — Les résultats sont exprimés par le pourcentage de semences détruites (tableau I). Le TCA et ses dérivés n'empêchent pas la germination; cependant, la première feuille ne sort pas de la coléoptile qui se dessèche entraînant la mort de la jeune plantule. Les alkyl-esters à chaînes courtes (C_2 et C_3) sont beaucoup moins actifs que les esters en C_6 ou les sels de sodium et de calcium.

La trichloracétamide est de même activité que le sel de sodium.

2° *Essais en post-émergence.* — Les résultats mesurés 15 jours après le traitement (tableau II) montrent que les esters de l'acide trichloracétique sont absorbés tant par les racines que par le feuillage. Cependant, compa-

rativement au sel de sodium tous les esters sont beaucoup moins phytotoxiques en traitement du feuillage.

TABLEAU I.

Activité phytocide sur blé en pré-émergence de dérivés de l'acide trichloracétique de formule générale $CCl_3-COO-R$.

Nature de R.	% de destruction aux concentrations de (*) 0,15 %.	0,30 %.	0,60 %.
Sodium	95	100	100
Calcium	95	100	100
n-éthyle	37	53	100
Iso-propyle	30	83	100
n-hexadécyle	100	100	100
Cyclohexyle	83	100	100
Dinitro-2.4 méthyl-6 phényle	47	100	100

(*) Ces concentrations correspondent à des doses de 2,5, 5 et 10 kg à l'hectare d'équivalent-acide du TCA.

TABLEAU II.

Effet, sur la croissance de plantules de blé, des substances de formule générale $CCl_3-COO-R$. *Essais réalisés par arrosage du sol ou immersion instantanée du feuillage.* (Résultats 15 jours après le traitement.)

		Arrosage du sol.		Immersion du feuillage.	
Nature de R.	Concentrations en % (p/v).	Hauteur (*) des plantules (moyenne en cm).	Nombre moyen de talles.	Hauteur (*) des plantules (moyenne en cm).	Nombre moyen de talles.
Lots sans traitements	–	33,05	1	33,05	1
Sodium	0,04	19,25	2,08	15,71	1,72
	0,08	14,82	2,27	14,52	1,67
	0,16	12,74	2,64	14,08	2
n-butyle	0,04	17,13	1,02	34,72	1,02
	0,08	13,56	1,56	35,82	1,05
	0,16	13,38	1,83	19,63	1,09
n-hexadécyle	0,04	15,34	2,10	34,08	1,34
	0,08	17,34	2,13	18,66	1,47
	0,16	12,39	2,13	–	1,14
Cyclohexyle	0,04	22,01	2,01	36,55	1,74
	0,08	14,33	2,55	23,17	1,91
	0,16	13,53	2,73	17,57	2,47
Dinitro-2.4 méthyl-6 phényle	0,04	36,47	1,75	39,03	1,74
	0,08	29,22	2,09	32,11	1,32
	0,16	18,65	2,23	16,64	0,75

(*) Mensuration faite du niveau du sol à l'extrémité de la feuille la plus haute, la plantule étant dressée verticalement.

De plus, l'ester de dinitro-2.4 méthyl-6 phényle est moins actif que les autres lorsqu'il est appliqué aux racines. Tous les dérivés du TCA possèdent une activité physiologique : c'est ainsi qu'ils inhibent la croissance de la plantule (réduction du nombre de feuilles) et induisent la formation d'un nombre plus ou moins grand (fonction de la concentration) de talles dont la croissance n'excède pas quelques centimètres avec fortes concentrations. Les feuilles de ces talles restent engainées et prennent une coloration vert foncé.

En conclusions, les alkyl- et aryl-esters de l'acide trichloracétique sont phytotoxiques sur plantules de blé; l'activité n'est cependant jamais supérieure à celle du sel de sodium.

L'absorption a lieu aussi bien par les racines que par le feuillage (encore que cette dernière soit faible pour les esters alkyliques essayés) et détermine des modifications de la croissance qui montrent la nature télétoxique de ces régulateurs de croissance.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1408.
(2) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 822.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude comparée de la réaction du Maïs et du Blé à la Simazine, substance herbicide.* Note (*) de M. **Willy Roth**, présentée par M. Lucien Plantefol.

Une expérimentation a été entreprise afin de préciser l'action sélective de la Simazine sur les céréales. L'évolution de la substance dans les jus de presse de Maïs (céréale résistante) et de Blé (céréale sensible) a été suivie par l'analyse chimique. Il résulte des premiers essais réalisés que le jus de presse frais du Maïs peut décomposer la Simazine, alors qu'au contact du jus de presse de Blé la substance ne disparaît pas.

Le Maïs est résistant à la Simazine, substance herbicide (1), alors que d'autres céréales comme le Blé sont sensibles à son action; il y a donc là un moyen d'aborder l'étude des propriétés qui fondent l'action phytotoxique ou la résistance des végétaux. La Simazine est un composé du groupe des triazines, (2), (3).

C'est la 2-chloro-4.6-*bis*-éthylamino-sym.-triazine de formule

```
                    Cl
                    |
                    C
                 N     N
                 |
C2H5—NH—C           C—NH—C2H5
                    N
```

On peut faire l'hypothèse que la résistance élective du Maïs est due à une aptitude que possède cette plante à décomposer la Simazine en corps non phytotoxiques. Le but du présent travail est d'étudier par comparaison le comportement du Maïs et du Blé en présence de cette substance.

Le processus expérimental est le suivant :

— Une solution de Simazine de concentration connue (200 μg pour 100 ml de solution isotonique au chlorure de sodium) est mélangée avec du jus de presse de plantules de sept jours. Le matériel utilisé est : Maïs variété Wisconsin 255 et Blé variété Nostrano.

— Des analyses sont faites après 15, 39 et 100 h pour la recherche de la Simazine non modifiée dans le mélange. Afin de vérifier si l'activité du jus de presse serait sensible à une élévation de température — du fait de la présence d'une substance agissante thermolabile — le matériel est partagé en deux lots : d'une part le jus de presse est utilisé frais pour le mélange, d'autre part ce jus est mis au contact de la Simazine après chauffage à 80° pendant 2 h.

La méthode utilisée pour l'analyse est celle qu'a proposée R. Delley [4]; elle s'est montrée la plus satisfaisante, car elle permet de déceler la Simazine avec une précision de 1 μg. Elle comporte :

1° l'extraction en solution dans le chloroforme, de la Simazine non décomposée, après élimination des produits de décomposition éventuels;

2° la réextraction à partir de cette solution, réalisée au moyen d'acide sulfurique 50 %; puis, par chauffage du mélange jusqu'à ébullition, on obtient l'hydrolyse de la Simazine, soit le remplacement du chlore par le groupe OH et formation de la 2-oxy-4.6-*bis*-éthylamino-sym.-triazine;

3° le cation de cette substance peut être dosé par spectrophotométrie : le maximum d'absorption se situe à 240 mμ.

En somme, le dosage de la Simazine 2-chloro- est fait par celui de la forme 2-oxy-.

Les résultats sont groupés dans le tableau suivant qui indique le pour-cent de Simazine décomposée, d'après la quantité évaluée de substance restante dosable.

	% de Simazine décomposée.			
	Maïs.		Blé.	
Durée (h).	Jus frais.	Jus chauffé.	Jus frais.	Jus chauffé.
15	55	0	0	0
39	82	0	0	0
100	97	0	ε	0

Ces résultats montrent que :

— du jus de presse frais de plantules de Maïs est capable de décomposer la Simazine, alors que le jus de presse de Blé est pratiquement sans action;

— l'activité destructrice du jus de Maïs continue avec la durée du mélange, la destruction est presque totale après 100 h;

— les jus de presse chauffés sont inactifs : ils laissent la Simazine non transformée.

Il semble donc que la résistance du Maïs à la Simazine soit due à un système thermolabile (peut-être fermentaire) qui peut transformer cette substance en composés dépourvus d'action biologique.

(*) Séance du 26 août 1957.

(1) C. Bartley, *Agric. Chem.*, 12, 1957, p. 34.

(2) A. Gast, E. Knuesli et H. Gysin, *Experientia*, XI/3, 1955, p. 107.

(3) A. Gast, E. Knuesli et H. Gysin, *Experientia*, XII/4, 1956, p. 146.

(4) R. Delley, *Labor. d'Analyse Geigy*, Bâle (travail non publié).

(*Institut de Botanique de la Faculté des Sciences, Strasbourg.*)

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations et réflexions au sujet du biotope du Kololo* [Gilletiodendron glandulosum (*Port.*) *J. Léonard, Césalpiniacées*]. Note (*) de MM. **Paul Jaeger** et **Eugène Lechner**, présentée par M. Henri Humbert.

Le Kololo est un arbre endémique du Soudan occidental. Son aire de dispersion, à cheval sur le 13e L. N., s'inscrit à l'intérieur d'un vaste triangle, dont les sommets, selon les données actuelles, se placent respectivement aux environs de Kita, de Kéniéba et de Bagouko (village situé à environ 60 km au Sud-Est de Kayes). Dans cet immense territoire qui couvre une fraction importante de la région occidentale du plateau mandingue, la plante ne se rencontre toutefois que dans des milieux nettement définis par leur topographie : elle se cantonne aux formations rocheuses des collines et buttes-témoins de ce plateau et tout, au premier abord, fait penser à une saxicole étroitement rivée à son substrat. C'est en effet là, au pied des corniches, au fond de couloirs profonds et étroits, dans de vastes marmites de géants que l'arbre semble rencontrer les conditions optima pour son développement. Ses peuplements purs, fermés, de superficie néanmoins réduite, se présentent sous la forme de taches ou de traînées dont le feuillage dense et vert foncé tranche singulièrement, du moins en saison pluvieuse, sur les tons cendrés des autres formations arborées de la savane soudanaise. L'arbre atteint 10 à 15 m de haut et, avec l'âge, une circonférence de 2 à 2,5 m; l'allure cannelée de son tronc est typique. A proximité de ces stations privilégiées, le Kololo, à la faveur de la moindre fissure rocheuse, s'installe parfois à même la dalle, dans un milieu d'une aridité extrême où il voisine avec des saxicoles typiques comme : *Euphorbia sudanica*, *Gardenia sokotensis*, *Ficus Lecardii*, etc.;

là le *Gilletiodendron* abandonne son port habituel pour se présenter sous une forme buissonnante, arbustive, souvent même rabougrie.

Notre Césalpiniacée est remarquablement outillée pour faire face aux exigences du climat soudanais alternativement sec et humide : pendant la saison sèche la plante se défend en réduisant à un minimum ses pertes hydriques; et ses folioles, persistantes mais redressées verticalement, créent au niveau du sous-bois une luminosité dont l'intensité s'oppose à l'ombre épaisse qui y règne durant la saison pluvieuse. De plus, le *Gilletiodendron glandulosum* surprend par son étonnante fécondité; il fleurit et fructifie abondamment; le pouvoir germinatif de ses graines est pratiquement de 100 % et les plantules font preuve d'une vitalité extraordinaire. Or, en dépit de ces nombreux avantages qui devraient la favoriser dans la lutte pour la vie, la plante s'avère incapable de conquérir de nouveaux espaces; elle semble prisonnière de son biotope rocheux.

Dans le massif de Kita, c'est en effet à titre tout à fait exceptionnel qu'on rencontre l'un ou l'autre individu de Kololo en dehors de son milieu habituel, isolé, au sein de formations forestières banales à *Terminalia macroptera*, *Pterocarpus erinaceus*, *Cordyla africana*, *Butyrospermum Parkii*, *Khaya senegalensis*, *Hexalobus monopetalus*, etc. Mais une observation autrement importante fut faite par l'un de nous (E. L.) dans la région de Dialikébafata à environ 20 km au Nord-Ouest de Kita. Là, les collines peuplées de Kololo dessinent un vaste fer à cheval; la parcelle, longue de 3 à 4 km, large de 30 à 50 m, limitée par ces mouvements du relief, se présente comme une surface plane, sableuse, couverte d'une formation arborée à *Combretum*, *Pterocarpus*, *Lannea*, *Burkea*, *Prosopis*, etc. Cette forêt, après exploitation au profit du Dakar-Niger, fut pendant quelques années consécutives (1946-1948) soustraite à l'action néfaste des feux. En peu de temps, cet espace, ensemencé spontanément par les porte-graines des collines, se transforma en une véritable pépinière à Kololo : les plantules étaient au nombre de plusieurs centaines de milliers ! Mais à partir de 1949, la protection ne s'exerçant plus, toute la population devint la proie des feux de brousse.

Cette observation démontre que le Kololo n'est nullement rivé à son substrat rocheux et que, le cas échéant, il est en état de constituer, en dehors de la montagne, de vastes taches de forêts denses dépourvues de strate herbacée graminéenne.

Si de telles formations arborées ne s'observent plus à l'heure actuelle en savane soudanaise, nous devons incriminer l'action néfaste des feux de brousse. Dès 1939 déjà, Aubréville signala la haute sensibilité de l'arbre à ce facteur destructeur et, au cours de nos essais, nous avons constaté combien est vulnérable la jeune plantule aux folioles criblées de poches sécrétrices à résine. Dans ces conditions, l'arbre ne pouvait se maintenir

dans des régions périodiquement ravagées par les feux; restèrent seules propices à son installation celles qu'un seuil rocheux protégeait efficacement contre ce fléau. Ainsi, se sont constitués, en terrain accidenté, ces îlots où, jusqu'à l'heure actuelle, se sont maintenus les derniers survivants de cette espèce qui jadis a dû constituer des peuplements bien plus étendus. De l'étude qui précède, il ressort qu'il est souvent hasardeux de se prononcer sur les limites territoriales d'une espèce intertropicale sans avoir, au préalable, tenu compte de ce facteur hautement perturbateur qu'est la vague ignée.

(*) Séance du 26 août 1957.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fermentation propionique de la* L(-)*thréonine par une souche de* Spherophorus freundii. Note (*) de MM. **Jean Guillaume**, **Henri Beerens** et **Henri Petit**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Spherophorus freundii 165 forme de l'acide propionique à partir de la L-thréonine. L'acide α-cétobutyrique est un terme de passage de la réaction; il est dégradé quantitativement en acide propionique, hydrogène et gaz carbonique.

Au cours de nos recherches sur les types fermentaires des bactéries anaérobies (1), nous avions remarqué la fréquence de la production d'acide propionique par certaines espèces non sporulées à Gram négatif. L'étude des acides volatils formés dans les cultures sur milieux peptonés, glucosés ou non, a montré que, dans la plupart des cas, la proportion d'acide propionique est plus importante en l'absence de glucides. Il semblait donc que de nombreuses espèces bactériennes anaérobies à Gram négatif, en particulier celles du genre *Spherophorus*, produisaient cet acide à partir de dérivés protidiques. Nous avons voulu préciser le mécanisme de formation de l'acide propionique.

La souche bactérienne utilisée est *Spherophorus freundii* 165. En culture dans des milieux peptonés, ces bactéries dégradent d'une façon constante la totalité de la L-thréonine libre. En milieu synthétique, elles ne donnent d'acide propionique qu'en présence de L-thréonine; la quantité d'acide formée est proportionnelle à la concentration en cet acide aminé. En suspension dans un tampon phosphate en tube scellé sous vide, les bactéries non proliférantes ne produisent à partir de la L-thréonine qu'un seul acide volatil : l'acide propionique. Cet acide n'est formé qu'à partir de la L-thréonine, à l'exclusion de tout autre acide aminé de la série naturelle. Étudiant la cinétique de la réaction par la méthode manométrique sous atmosphère d'azote pur, nous avons constaté qu'il se formait, en quantités

équimoléculaires, de l'hydrogène, du gaz carbonique, de l'ammoniaque et un acide volatil que nous avons identifié à l'acide propionique par la technique de chromatographie de partage sur papier [2]. Les dosages de chacun de ces produits de métabolisme nous permettent de proposer la réaction suivante :

$$CH_3-CHOH-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH + H_2O \rightarrow NH_3 + H_2 + CO_2 + CH_3-CH_2-COOH$$

Sous certaines conditions expérimentales (cultures vieillies ou exposées à l'air), on trouve des traces d'acide α-cétobutyrique, caractérisé par sa 2.4-dinitrophénylhydrazone. L'acide α-cétobutyrique lui-même, employé comme substrat, conduit à l'acide propionique selon le schéma suivant :

$$CH_3-CH_2-CO-COOH + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2 + CH_3-CH_2-COOH.$$

S. freundii 165 réalise donc les deux réactions successives de désamination non oxydative de la L-thréonine en acide α-cétobutyrique, déjà signalée par Chargaff [3], et de dégradation de l'acide α-cétobutyrique formé en acide propionique.

(*) Séance du 5 août 1957.

(1) J. Guillaume, H. Beerens et R. Osteux, *Ann. Inst. Pasteur*, 90, 1956, p. 229.

(2) J. Guillaume et R. Osteux, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 501.

(3) E. Chargaff et D. Serinson, *J. Biol. Chem.*, 151, 1943, p. 273.

TOXICOLOGIE. — *Études sur la toxicité d'une nouvelle substance proposée comme agent anticancéreux : la bis-éthylèneimino-2.5 dipropoxy-3.6 benzoquinone-1.4.* Note (*) de MM. **René Truhaut** et **Claude Paoletti** [1], présentée par M. René Fabre.

Le composé E 39 exerce un effet dépresseur très intense sur la synthèse de l'hémoglobine *in vitro*. L'hyposulfite de sodium et surtout le glutathion suppriment partiellement cet effet.

La connaissance des effets cytotoxiques exercés par de nombreux corps renfermant soit des groupes quinone ou hydroquinone [2], [3], soit des groupes éthylèneimine [4] a conduit à la synthèse de molécules contenant ces deux catégories de groupements. Avec l'une d'entre elles, la *bis*-éthylèneimino-2.5 dipropoxy-3.6 benzoquinone-1.4 ou E 39,

O; H_2C; H_2C; N; OC_3H_7; H_7C_3O; N; CH_2; CH_2; O

G. Domagk et coll. (5) ont observé de remarquables effets antitumoraux chez l'animal. En clinique humaine, en revanche, les essais thérapeutiques semblent, en général, avoir été assez décevants (6); sauf dans quelques cas particuliers, les cancers humains sont peu sensibles à la nouvelle drogue qui présente, au surplus, une certaine toxicité vis-à-vis de la moelle osseuse.

En vue de préciser cette toxicité, nous avons étudié, suivant des techniques antérieurement décrites (7), les modifications entraînées par l'E 39 sur le pouvoir érythrogénique de cellules de la lignée rouge en survie *in vitro*. Le principe de ces méthodes repose sur l'utilisation par ces cellules de précurseurs marqués de l'hémoglobine : ^{59}Fe et glycocolle α-^{14}C; suivant la toxicité des substances expérimentées, la synthèse d'une nouvelle hémoglobine marquée est plus ou moins importante.

Le tableau et les figures 1 et 2 rendent compte de l'effet inhibiteur très marqué de l'E 39 sur les différents métabolismes étudiés. Ainsi, une inhibition de 50 % par rapport aux témoins est notée pour une concentration de 0,1 mM vis-à-vis de l'incorporation du fer dans l'hémine et pour une concentration de 0,2 mM vis-à-vis de la pénétration du fer dans les cellules et de l'incorporation du glycocolle dans la protoporphyrine. Il est intéressant de rappeler que la respiration des cellules de l'adenocarcinome d'Ehrlich, prélevées chez la Souris, est déprimée de 50 % *in vitro* par l'E 39 à des concentrations du même ordre de grandeur (0,08 mM environ) (8).

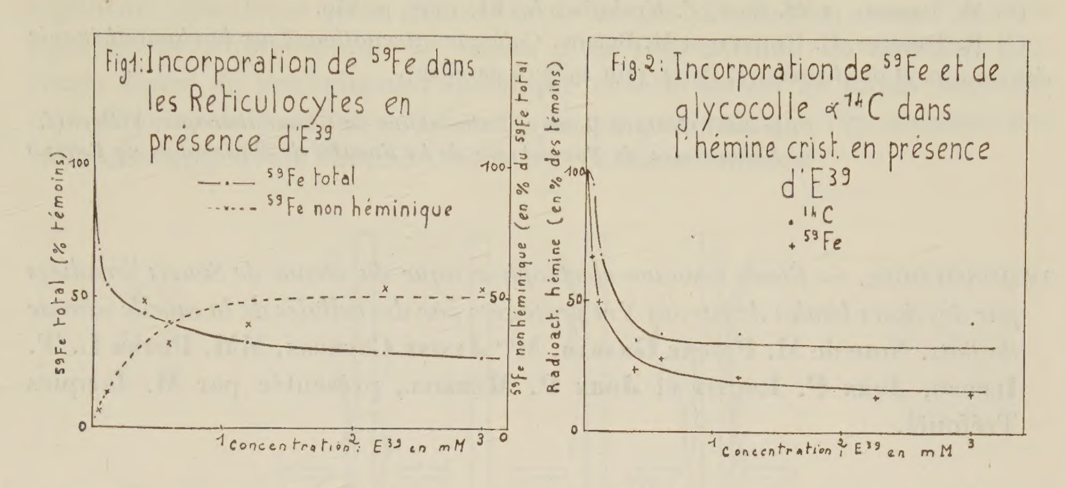
*Action de l'*E 39 *sur l'incorporation de* ^{59}Fe *et sur la synthèse de l'hémoglobine* (*réticulocytes de lapins saignés*).

		Coups-minute par milligramme d'hémine cristallisée.		Incorporation (%) par rapport aux témoins (en %).			
				^{59}Fe		^{14}C	^{59}Fe
C (*) (mM).	Coups-minute dans G. R. (^{59}Fe).	^{59}Fe.	^{14}C.	dans G. R.	dans hémine cristallisée.	dans hémine cristallisée.	non héminique (%).
0....	12 400	266	366	100	100	100	0
0....	11 600	248	369	–	–	–	–
0,06....	8 150	170	347	68,0	66,7	94,6	6,7
0,12....	6 550	127	248	54,6	49,6	67,7	13,7
0,30....	5 250	62,7	128	49,7	23,7	35,0	48,2
0,60....	4 820	73,5	137	40,2	27,9	37,4	32,9
1,20....	3 960	55,0	139	33,0	20,9	38,0	39,4
2,24....	3 480	37,1	103	29,0	14,0	28,2	53,7
2,99....	3 340	40,6	156	27,8	15,2	42,6	53,5

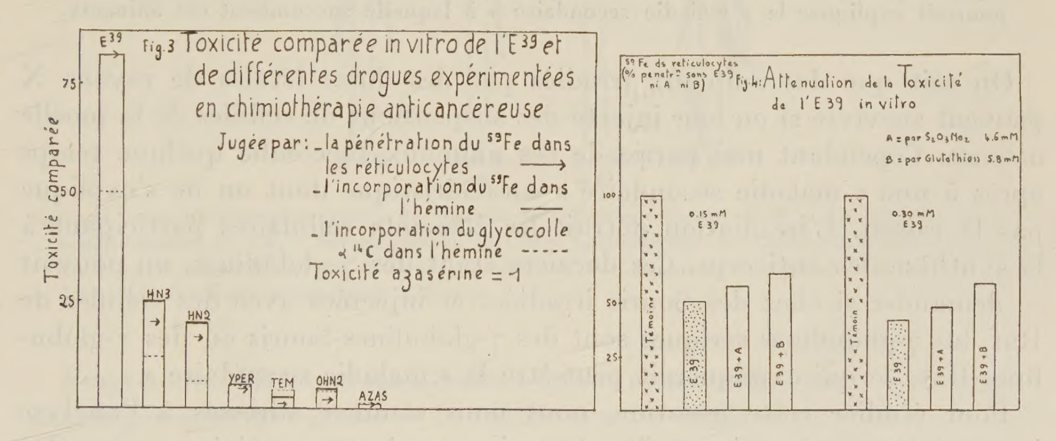
(*) Les concentrations sont établies en fonction du volume extra-cellulaire. Hématocrite, 28 %; Hémoglobine, 7,50 g %; Réticulocytes, 8,5 %; Fer sérique, 314 μg %; 83 000 c/mn de ^{59}Fe; 10 μg de glycocolle α^{14}C par échantillon.

Nos résultats peuvent être comparés à ceux obtenus dans des conditions identiques avec certaines autres substances proposées ou utilisées en

chimiothérapie anticancéreuse ([7]). La figure 3 exprime une telle comparaison et montre que l'E 39 est beaucoup plus agressif *in vitro* vis-à-vis des cellules érythropoïétiques que les « moutardes » soufrées ou azotées, la triéthalènemélamine ou l'azasérine.



Par ailleurs, deux substances soufrées, l'hyposulfite de sodium et le glutathion, atténuent, dans une certaine mesure, la toxicité de l'E 39 (*fig.* 4).



Il est difficile de préciser dans quelle mesure ces données expérimentales peuvent être étendues à la clinique humaine. Néanmoins, ces faits doivent inciter à la plus grande prudence, puisqu'il est prouvé que, dans le cas des « moutardes » azotées, il existe une nette relation entre les effets biochimiques *in vitro* et la toxicité *in vivo* ([9]).

(*) Séance du 26 août 1957.

([1]) Avec l'aide technique de Mlle R. Nogues.

([2]) F. E. Lehmann, *Verh. Schweiz. Physiol.*, 1942.

([3]) F. E. Lehmann et H. Hadorn, *Helv. Physiol. Acta*, 11, 1946, p. 4.

(4) R. Truhaut, *Presse Médicale*, n° 42, 1955, p. 880-883.

(5) *Dtsch. Mediz. Wochenschr.*, 1956, p. 801.

(6) *Colloque International sur la chimiothérapie des cancers et des leucémies*, Paris, 3-4 juin 1957.

(7) R. Truhaut et C. Paoletti, *J. Méd. Bordeaux*, 134, 1957, p. 1735.

(8) W. Remmele et W. Rick, *Z. Krebsforsch.*, 61, 1957, p. 449.

(9) R. Truhaut, C. Paoletti et M. Boiron, *Colloque international sur la chimiothérapie des cancers et des leucémies*, Paris, juin 1957 (à paraître).

(*Institut Gustave Roussy, Laboratoire de Chimiothérapie, Villejuif, et Laboratoire de Toxicologie de la Faculté de Pharmacie de Paris.*)

IMMUNOLOGIE. — *Étude immuno-électrophorétique du sérum de Souris irradiées par des doses létales de rayons X et protégées par des cellules de la moelle osseuse de Rats.* Note de M. **Pierre Grabar**, Mlle **Janine Courcon**, MM. **Peter L. T. Ilberg**, **John F. Loutit** et **John P. Merrill**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

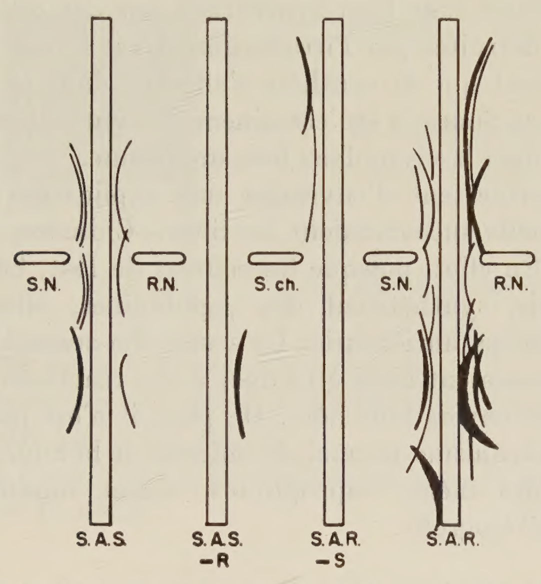
L'analyse immuno-électrophorétique du sérum de Souris-Chimères (irradiées et protégées par de la moelle de Rats) montre que certains constituants, comme la sérumalbumine, possèdent la spécificité d'espèce Souris, tandis que les γ-globulines ont une spécificité Rat; elles sont donc synthétisées par les cellules injectées. Ce fait pourrait expliquer la « maladie secondaire » à laquelle succombent ces animaux.

On sait que des animaux irradiés par des doses létales de rayons X peuvent survivre si on leur injecte des suspensions de cellules de la moelle osseuse. Cependant une partie de ces animaux succombe quelque temps après à une « maladie secondaire » caractéristique dont on ne s'explique pas la raison. L'irradiation détruit les éléments cellulaires participant à la synthèse des anticorps. Ces derniers étant des γ-globulines, on pouvait se demander si chez des Souris irradiées et injectées avec des cellules de Rat, les γ-globulines sériques sont des γ-globulines-Souris ou des γ-globulines-Rat, ce qui expliquerait peut-être la « maladie secondaire ».

Pour étudier cette question, nous nous sommes adressés à l'analyse immuno-électrophorétique (1). Des immunsérums antisérum de Rat normal (S. A. R.) et antisérum de Souris normale (S. A. S.) ont été préparés en injectant des Lapins avec les sérums de ces animaux. Ces immunsérums donnaient des réactions croisées (Souris-Rat) et ont dû être épuisés (sérum de Lapin anti-Rat par du sérum de Souris, et sérum de Lapin anti-Souris par du sérum de Rat) afin de ne donner que des réactions de précipitation spécifiques pour une seule espèce.

L'analyse immuno-électrophorétique (*fig.* 1) des sérums de Souris (S. N.) et de Rats (R. N.) normaux, révélés à l'aide de ces immunsérums convenablement épuisés, a montré que l'immunsérum anti-Souris (S.A.S.-R.)

permettait de mettre en évidence plusieurs constituants du sérum de Souris normale (entre autres la sérumalbumine, plusieurs α et β-globulines et la γ-globuline, bien que cette dernière assez faiblement), tandis que le sérum anti-Rat (S. A. R.-S.) ne faisait apparaître aucune ligne de précipitation spécifique avec du sérum de Souris. De même, dans l'analyse immuno-électrophorétique du sérum d'un Rat normal, on obtenait plusieurs lignes de précipitation spécifique avec le sérum de Lapin anti-Rat et aucune avec le sérum anti-Souris, ce qui prouvait que l'épuisement des immunsérums avait éliminé toutes les réactions croisées.



Analyses immuno-électrophorétiques de sérums de : Souris normale (S. N.), Rat normal (R. N.) et Souris-Chimère (S. Ch.); développement avec des immunsérums de Lapin : anti-sérum de Souris (S. A. S.); le même épuisé par du sérum de Rat (S. A. S.-R.); anti-sérum de Rat (S. A. R.) et le même épuisé par du sérum de Souris (S. A. R.-S.).

Vingt souris CBA ont été irradiées (950 r) et ont reçu, par voie veineuse, des suspensions de cellules de la moelle osseuse de Rats (8 à $9,4.10^6$ cellules nucléées par souris). Cinq des souris ayant survécu à l'irradiation ont présenté des manifestations sévères de la « maladie secondaire » accompagnée de fortes diarrhées; on les a sacrifiées entre le 25ᵉ et le 56ᵉ jours après l'irradiation et leurs sérums ont été analysés individuellement. Onze souris ont survécu plus de 100 jours; des greffes de peau de rats (pratiquées par le Docteur Barnes sur ces animaux) ont réussi dans 10 cas.

D'autre part, dix souris CBA ont reçu, après une irradiation identique, des injections de cellules de la moelle de souris de la même souche. Cinq ont été sacrifiées 56 jours plus tard et le mélange de leurs sérums a été

analysé; l'image obtenue correspond à celle de souris normales. Aucune de ces souris n'a présenté la « maladie secondaire » et les souris restantes sont encore en parfaite santé.

L'analyse des sérums de Souris irradiées et protégées par de la moelle de Rat (S. ch., *fig.* 1) montre que leur sérumalbumine réagit avec le sérum de Lapin anti-Souris, tandis que leur γ-globuline (et peut-être la β_2-globuline) ne réagit qu'avec le sérum de Lapin anti-Rat. De plus, leur γ-globuline possède une mobilité électrophorétique identique à celle qu'on observe chez le Rat normal (plus lente que celle que nous observons dans le sérum de Souris normales). Il s'ensuit que chez ces Souris-Chimères, certains constituants du sérum sont bien synthétisés par des cellules de la Souris qui n'ont pas été détruites par l'irradiation. C'est le cas de la sérumalbumine, dont on admet que la synthèse s'effectue dans le foie. Par contre, la γ-globuline de ces Souris a été certainement synthétisée par des cellules de Rat qui continuent à vivre dans leur organisme.

Nos résultats permettent d'envisager une explication de la « maladie secondaire » à laquelle succombaient les Souris-Chimères dont nous avons analysé le sérum. En effet, puisque les cellules de Rat, hébergées par l'organisme des Souris, synthétisent des γ-globulines, elles peuvent aussi fabriquer des anticorps anti-Souris. La « maladie secondaire » et la mort de ces animaux pourraient ainsi être dues à des réactions immunologiques des cellules greffées envers leur hôte. De plus, il n'est pas impossible que des chaînons du mécanisme normal de défense de la Souris-Chimère contre des microorganismes même saprophytes, soient modifiés ou affaiblis, comme suite à l'hétérogreffe.

(1) P. Grabar et C. A. Williams, *Bioch. Bioph. Acta*, 17, 1955, p. 67-74.

La séance est levée à 15 h 30 m.

L. B.